

СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Под редакцией
проф. **В.В. Ушакова** и доц. **В.М. Ольховикова**

Допущено УМО вузов Российской Федерации
по образованию в области железнодорожного транспорта
и транспортного строительства
в качестве **учебника** для студентов вузов,
обучающихся по специальности
«Автомобильные дороги и аэродромы»
направления подготовки «Транспортное строительство»

• МОСКВА • 2013

УДК 625.7/.8(075.8)
ББК 65.315.373я73
С86

Рецензенты:

А.В. Смирнов, заведующий кафедрой «Строительство и эксплуатация дорог» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), д-р техн. наук, проф.,

В.Н. Ефименко, декан дорожно-строительного факультета, заведующий кафедрой «Автомобильные дороги» Томского государственного архитектурно-строительного университета, д-р техн. наук, проф.

Строительство автомобильных дорог : учебник / коллектив авторов ;
С86 под ред. В.В. Ушакова и В.М. Ольховикова. — М. : , 2013. —
576 с.

ISBN 978-5-406-01770-8

Представлены необходимые для студентов сведения, касающиеся организации работ и технологии строительства всех элементов современной автомобильной дороги, включая земляное полотно, водопропускные трубы, дорожную одежду. Отмечены характерные особенности работы каждого элемента дороги и научно обоснованы технологические приемы строительства. Рассмотрены вопросы организации работы производственных предприятий в условиях линейного дорожного строительства. Содержит передовые технологии и инженерные решения, нашедшие практическое применение в отечественной и мировой практике за последние 20 лет. Серьезное внимание уделено современным скоростным методам строительства, экологии, методам контроля качества.

Соответствует Федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования третьего поколения.

Для студентов высших учебных заведений, а также для специалистов дорожного хозяйства.

УДК 625.7/.8(075.8)
ББК 65.315.373я73

ISBN 978-5-406-01770-8

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	11
Авторский коллектив	15
РАЗДЕЛ 1. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	16
Глава 1. Сведения о возведении земляного полотна	16
1.1. Конструкции земляного полотна	16
1.2. Требования к грунтам для земляного полотна. Способы улучшения грунтов	18
1.3. Технология работ по сооружению земляного полотна	21
1.4. Сроки выполнения земляных работ	25
Глава 2. Подготовка дорожной полосы	27
2.1. Восстановление и закрепление трассы	27
2.2. Расчистка дорожной полосы	29
2.3. Удаление растительного слоя	30
2.4. Разбивочные работы при возведении земляного полотна	32
Глава 3. Строительство сооружений для регулирования водно- теплового режима земляного полотна	34
3.1. Виды сооружений и способы регулирования водно- теплового режима земляного полотна	34
3.2. Строительство объектов поверхностного водоотвода	36
3.3. Строительство дренажей для перехвата и понижения уровня грунтовых вод	39
3.4. Строительство водонепроницаемых и капилляропрерывающих слоев	44
Глава 4. Возведение насыпей и разработка выемок в нескальных грунтах	47
4.1. Способы отсыпки насыпей и разработки выемок	47
4.2. Возведение насыпей из грунта выемок или грунтовых карьеров	49
Разработка выемок и отсыпка смежных насыпей бульдозерами	50
Возведение насыпей, разработка выемок и грунтовых карьеров скреперами	53
Разработка выемок и грунтовых карьеров экскаваторами. Возведение насыпей	57
Производство работ при применении экскаваторов с оборудованием «прямая лопата»	58
Производство работ при применении экскаваторов-драглайнов	60
Производство работ при применении роторных экскаваторов	61
Применение одноковшовых экскаваторов с погрузочным оборудованием	61

Применение погрузчиков для разработки выемок и грунтовых карьеров	62
4.3. Строительство насыпей из грунтов боковых резервов	64
Технология и организация работ при возведении насыпи из боковых резервов бульдозерами	65
Возведение насыпей из боковых резервов автогрейдерами	67
Применение других машин для возведения насыпей из боковых резервов	68
Глава 5. Возведение земляного полотна на косогорах из нескальных грунтов. Планировка, укрепление откосов	69
5.1. Конструктивные особенности земляного полотна на косогоре и их влияние на способы проведения работ	69
5.2. Возведение земляного полотна на косогорах	70
5.3. Планировка поверхности земляного полотна и откосов	73
5.4. Укрепление земляного полотна	75
Глава 6. Возведение земляного полотна в горных условиях	80
6.1. Особые условия строительства земляного полотна в горной местности	80
6.2. Буровые работы	81
6.3. Взрывные работы	83
6.4. Технология земляных работ в скальных грунтах	85
6.5. Особенности контроля качества работ	87
Глава 7. Гидромеханизация земляных работ	89
7.1. Условия и эффективность применения гидромеханизации земляных работ	89
7.2. Транспортирование и укладка грунта. Общая организация работ.	92
Глава 8. Сооружение земляного полотна на болотах	97
8.1. Типы болот. Конструктивно-технологические решения	97
8.2. Возведение насыпей с полным или частичным выторфовыванием	98
Выторфовывание машинами	99
Выторфовывание взрывным способом	100
Выторфовывание способом гидромеханизации	101
Удаление болотных отложений путем их отжатия массой насыпи	102
8.3. Возведение насыпей без выторфовывания	102
Метод предварительной (опережающей) консолидации	103
Метод временной пригрузки	103
Возведение земляного полотна с дренажными прорезями и вертикальными дренами в основании	104
Устройство грунтовых свай в основании	107
8.4. Использование торфа для строительства насыпей на болотах.	107

Глава 9. Сооружение земляного полотна в зимний период и в особых природных условиях	110
9.1. Особенности зимних земляных работ	110
9.2. Разработка выемок и возведение насыпей при отрицательных температурах	112
9.3. Возведение земляного полотна в песчаных пустынях	114
9.4. Возведение земляного полотна в засоленных грунтах	116
9.5. Возведение земляного полотна в районах вечной мерзлоты	119
Глава 10. Контроль качества земляных работ и правила их приемки	126
10.1. Производственный контроль качества земляных работ	126
Входной контроль	126
Операционный контроль	127
10.2. Организация производственного контроля	129
10.3. Организация приемочного контроля	130
Глава 11. Организация работ по возведению земляного полотна	132
11.1. Особенности организации работ по возведению земляного полотна	132
11.2. Определение объемов земляных работ, выбор машин и комплектование специализированных подразделений	134
11.3. Технологические карты по строительству земляного полотна и организации работы отряда	136
РАЗДЕЛ 2. СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ	141
Глава 12. Общие сведения о водопропускных трубах	141
Общие характеристики водопропускных труб	141
Типы и элементы водопропускных труб	143
Организация строительной площадки при устройстве труб	148
Глава 13. Технология строительства водопропускных труб	150
РАЗДЕЛ 3. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД	155
Глава 14. Теоретические основы строительства дорожных одежд	155
14.1. Классификация дорожных одежд	155
14.2. Обеспечение надежности автомобильных дорог и дорожных конструкций	157
Общие положения	157
Надежность автомобильных дорог и дорожных конструкций	159
Контроль и обеспечение надежности дорожных конструкций в период строительства	162
Глава 15. Строительство дорожных оснований	166
15.1. Общие положения	166
15.2. Строительство дополнительных слоев оснований	168

Осушение дренирующего слоя и верхней части земляного полотна	172
15.3. Применение укрепленных грунтов для строительства дорожных одежд	174
Общие принципы укрепления грунтов.	174
Технология производства работ с использованием укрепленных грунтов	185
Технология производства работ с применением грунтосмесительной установки	186
Технология обработки грунтов однопроходными грунтосмесительными машинами	188
Технология обработки грунтов многопроходными фрезами	190
Контроль за качеством производства работ	191
15.4. Применение стабилизаторов глинистых грунтов для строительства дорожных оснований.	193
15.5. Строительство оснований из минеральных материалов, не обработанных вяжущими	196
Строительство оснований из щебеночных и гравийных смесей	199
15.6. Строительство щебеночных оснований методом пропитки (вдавливания) пескоцементной смесью	201
15.7. Применение местных материалов и отходов промышленности для строительства оснований	203
Глава 16. Строительство дорожных одежд с покрытиями простейших типов	208
16.1. Назначение покрытий простейшего типа	208
16.2. Местные грунты как материал для покрытий простейшего типа.	209
16.3. Профилированные грунтовые дороги	210
16.4. Строительство простейших покрытий из грунтов, улучшенных местными материалами.	214
16.5. Строительство деревянных сплошных и колеяных покрытий (лежневых, бревенчатых).	215
Глава 17. Строительство дорожных одежд переходного типа	220
17.1. Особенности работ при строительстве дорожных одежд переходного типа	220
17.2. Строительство щебеночных покрытий	222
17.3. Строительство гравийных покрытий	225
17.4. Перестройка дорожных одежд переходного типа.	228
17.5. Строительство булыжных мостовых	231
Глава 18. Строительство дорожных одежд облегченного типа и мостовых.	233
18.1. Покрытия и основания из щебня, обработанного вяжущим в стационарной установке	233

18.2. Конструктивные слои из органоминеральных смесей	237
18.3. Покрытия и основания из щебня по способу пропитки	245
18.4. Покрытия и основания из холодных влажных органоминеральных смесей	250
18.5. Комбинированные покрытия	255
18.6. Брусчатые, мозаичные и клинкерные мостовые	261
Глава 19. Строительство асфальтобетонных покрытий	266
19.1. Конструкции дорожных одежд и условия работы асфальтобетонных покрытий	266
19.2. Модифицированные асфальтобетоны	273
19.3. Обоснование технологических режимов формирования структуры асфальтобетонного покрытия с заданными свойствами	279
19.4. Технология работ по устройству слоев из асфальтобетонных смесей	285
19.5. Строительство покрытий автомобильных дорог из модифицированных асфальтобетонных смесей	295
19.6. Контроль качества работ при устройстве дорожных асфальтобетонных покрытий	298
19.7. Правила приемки асфальтобетонных покрытий в эксплуатацию	300
Глава 20. Строительство цементобетонных покрытий и оснований	301
20.1. Особенности строительства покрытий с применением минеральных вяжущих	301
20.2. Требования к материалам для строительства цементобетонных покрытий	303
20.3. Конструкции дорожных одежд с цементобетонными покрытиями	307
20.4. Технология строительства цементобетонных покрытий	316
20.5. Строительство монолитных армобетонных и непрерывно- армированных цементобетонных покрытий	326
20.6. Строительство оснований и покрытий из укатываемых бетонов	331
20.7. Особенности строительства цементобетонных покрытий при пониженной температуре воздуха	333
20.8. Строительство сборных и сборно-монолитных покрытий	337
20.9. Контроль качества строительства цементобетонных покрытий	340
Глава 21. Устройство слоев износа, защитных и шероховатых слоев	344
21.1. Назначение слоев износа, защитных и шероховатых слоев	344
21.2. Поверхностная обработка дорожных покрытий	350
21.3. Поверхностные обработки с полимерным вяжущим	362

21.4. Устройство шероховатого слоя износа методом втапливания щебня	364
21.5. Слои износа и защитные слои с применением эмульсионно- минеральных смесей	368

РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ 378

Глава 22. Общие положения, цель и задачи организации строительства автомобильной дороги 378

Глава 23. Способы организации дорожно-строительных работ 382

23.1. Основные положения и определения	382
23.2. Комплексно-механизированный поточный способ	384
23.3. Непоточные способы организации дорожно- строительных работ	389

Глава 24. Проект организации строительства автомобильной дороги. . . 392

24.1. Основные вопросы проекта организации строительства	392
24.2. Определение потребности строительства в материально- технических и трудовых ресурсах	395
24.3. Сроки производства дорожно-строительных работ	398
24.4. Календарные графики организации строительства автомобильной дороги	402

Глава 25. Проект производства дорожно-строительных работ 410

25.1. Основные положения.	410
25.2. Сетевые графики производственных процессов	411
25.3. Почасовые графики производственных процессов	413
25.4. Технологические карты выполнения дорожно- строительных работ	414
25.5. Обеспечение дорожного строительства электроэнергией, сжатым воздухом, паром, водой и связью	418
25.6. Техничко-экономические показатели строительства автомобильной дороги	421
25.7. Диспетчерское управление и автоматизация управления дорожным строительством.	422
25.8. Организация материально-технического обеспечения дорожного строительства	425
25.9. Организация складского хозяйства на дорожном строительстве.	427
25.10. Организация технического обслуживания и ремонта машин.	430

Глава 26. Организационно-технические мероприятия по производственной и экологической безопасности при строительстве автомобильной дороги 433

26.1. Производственная безопасность	433

Ограждение мест производства дорожно-строительных работ и организация движения построечного транспорта	435
26.2. Экологическая безопасность	437

РАЗДЕЛ 5. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА 441

Глава 27. Технология и организация работ на производственных предприятиях дорожного строительства 441

27.1. Организация производственных предприятий в условиях линейного дорожного строительства	441
27.2. Классификация и размещение производственных предприятий дорожного строительства	444

Глава 28. Предприятия по разработке горных пород 446

28.1. Разработка горных пород	446
28.2. Особенности разработки скальных пород	449
Способы и средства взрывания	451
28.3. Особенности разработки обломочных пород	455
28.4. Охрана труда и окружающей природной среды	456

Глава 29. Камнедробильные заводы 459

29.1. Основные работы на камнедробильных заводах	459
29.2. Генеральный план камнедробильного завода	465
29.3. Переработка гравийно-песчаных материалов	467
29.4. Приготовление дробленого песка	468
29.5. Производство минерального порошка для асфальтобетона . . .	469
29.6. Технологические процессы обогащения и улучшения каменных материалов.	471
29.7. Охрана труда и окружающей природной среды	477

Глава 30. Битумные и эмульсионные базы 479

30.1. Назначение и размещение баз и складов	479
30.2. Технологические процессы подготовки органических вяжущих	481
30.3. Эмульсионные базы и цеха. Технология производства битумных эмульсий	484
30.4. Установки для производства катионных битумных эмульсий . . .	488
30.5. Охрана труда при эксплуатации битумных и эмульсионных баз	491
30.6. Экологическое обеспечение производства дорожных эмульсий	493

Глава 31. Заводы по приготовлению асфальтобетонных смесей. 495

31.1. Классификация заводов и особенности их размещения	495
31.2. Генеральный план асфальтобетонного завода.	497

31.3. Асфальтосмесительные установки	500
31.4. Технология приготовления асфальтобетонных смесей в установках циклического и непрерывного действия	507
Особенности приготовления литых асфальтобетонных смесей . . .	510
Особенности приготовления щебеночно-мастичных горячих асфальтобетонных смесей	512
Особенности приготовления полимерно-битумного вяжущего . .	514
Работа асфальтобетонного завода зимой.	516
31.5. Переработка старого асфальтобетона (регенерация) на асфальтобетонном заводе	518
31.6. Автоматизация технологических процессов асфальтобетонного завода и контроль качества	524
31.7. Охрана труда и окружающей природной среды на асфальтобетонном заводе.	525
Глава 32. Заводы по производству цементобетонных смесей	530
32.1. Классификация заводов и технология изготовления изделий . .	530
32.2. Генеральный план цементобетонного завода	532
32.3. Технологические процессы приготовления цементобетонных смесей	536
32.4. Бетоносмесительные установки.	539
32.5. Особенности организации складов каменных материалов и цемента	544
32.6. Автоматизация технологических процессов приготовления цементобетонной смеси	553
32.7. Транспортирование бетонных смесей	555
32.8. Особенности работы цементобетонного завода зимой и в жарком климате	556
32.9. Охрана труда и окружающей природной среды на цементобетонном заводе	558
Глава 33. Организация и технология работ на заводах и полигонах для изготовления железобетонных изделий и конструкций	560
33.1. Классификация заводов и технология изготовления изделий . .	560
33.2. Технология изготовления изделий	561
33.3. Способы производства железобетонных изделий	568
33.4. Охрана труда и окружающей природной среды	571
Литература.	572

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Строительство автомобильных дорог» является учебной дисциплиной, рассматривающей технологию производства дорожно-строительных работ.

Сеть автомобильных дорог в стране часто сравнивают с кровеносной системой живого организма, поэтому недаром девизом Международной ассоциации дорожных конгрессов (PIARC) вот уже многие годы является крылатая фраза: «Дорога — это жизнь».

От качества автомобильных дорог зависят безопасность движения, комфортность перевозки пассажиров, эффективность работы автомобильного транспорта в целом, срок службы дорожных конструкций.

Автомобильная дорога — это объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, защитные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

Искусственные дорожные сооружения — сооружения, предназначенные для движения транспортных средств, пешеходов и прогонов животных в местах пересечения автомобильной дороги иными автомобильными дорогами, водоемами, оврагами, в местах, которые являются препятствиями для такого движения, прогона (зимники, мосты, переправы по льду, путепроводы, трубопроводы, тоннели, эстакады, подобные сооружения).

Комплекс инженерных сооружений автомобильной дороги принято подразделять на земляное полотно, дорожные одежды, искусственные сооружения, обустройство дороги, дорожные и транспортные здания и другие конструктивные элементы.

Рассматриваемый курс включает в себя технологию строительства перечисленных групп инженерных сооружений, кроме искусственных сооружений, изучаемых в курсе «Мосты и транспортные тоннели», и зданий, изучаемых в курсе «Здания и строительные конструкции».

До настоящего времени не завершено формирование опорной сети федеральных автомобильных дорог, связывающей все регионы Рос-

сии. Нормативным требованиям соответствует лишь около 38% автомобильных дорог федерального значения. Из-за отсутствия дорог с твердым покрытием более 10% населения (15 млн человек) в весенний и осенний периоды остаются отрезанными от транспортных коммуникаций. Не завершено формирование опорной сети дорог в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока.

Федеральные автомобильные дороги исчерпали свою пропускную способность. С превышением нормативной загрузки эксплуатируется 13 тыс. км дорог, особенно на подходах к крупнейшим городам, что составляет почти 29% протяженности сети. Местная дорожная сеть развита недостаточно, поэтому значительная часть локальных перевозок производится по федеральным дорогам. Ускорение автомобилизации страны пока не привело к соответствующему росту объемов строительства и реконструкции дорожной сети. При увеличении за последние десять лет протяженности автомобильных дорог общего пользования на 15% автомобильный парк вырос почти на 75%.

Согласно Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 734-р, основными задачами в области развития сети автомобильных дорог являются: создание системы автомагистралей и скоростных дорог, в первую очередь по направлениям международных транспортных коридоров; строительство новых и реконструкция существующих автомобильных дорог для увеличения пропускной способности дорожной сети с учетом прогнозируемой интенсивности движения транспортных потоков; развитие автомобильных дорог федерального значения на подходах к международным автомобильным пунктам пропуска на государственной границе Российской Федерации, к морским и речным портам, аэропортам, крупным транспортным узлам; устранение «узких мест» на сети автомобильных дорог федерального значения за счет проведения реконструкции искусственных сооружений, строительства развязок в разных уровнях, ликвидации грунтовых разрывов и переходного типа покрытия; включение в сеть автодорог федерального значения новых маршрутов с расширением при необходимости их состава за счет автомобильных дорог регионального, межмуниципального и местного значения; создание дорожной сети для обеспечения развития потенциальных точек экономического роста, включая комплексное освоение новых территорий и разработку месторождений полезных ископаемых, прежде всего в Сибири и на Дальнем Востоке; развитие дорожной сети в крупных транспортных узлах; обустройство площа-

док для сервисного и ремонтного обслуживания автомобилей, стоянок и мест отдыха водителей.

Развитие сети автомобильных дорог федерального значения, входящих в состав международных транспортных коридоров, будет ориентировано на обеспечение свободного проезда по ним транспортных средств с нагрузкой на ведущую ось 11,5 т и общей массой до 44 т.

Пристального внимания требуют вопросы повышения качества и безопасности дорожной сети, уровень которых должен соответствовать самым передовым стандартам и требованиям. Модернизация дорожной отрасли, активное внедрение передовых технологий и инноваций сегодня имеют решающее значение.

При строительстве автомобильной дороги чрезвычайно важную роль играют технологические процессы, в результате выполнения которых создаются отдельные элементы дорожных сооружений и дорога в целом. Технологические процессы строительства сложны и разнообразны. От правильного их назначения и выполнения зависят производительность труда, качество и стоимость работ. Внедрение инновационных технологий требует применения современных дорожно-строительных машин и оборудования, без которых нельзя организовать технологические процессы с высокой производительностью труда и эффективностью строительства.

Очень важными факторами в развитии технологии дорожного строительства являются разработка и применение таких способов работ, машин и материалов, которые не оказывали бы вредного влияния на окружающую среду.

Поскольку дорожная одежда — самая дорогая часть автомобильной дороги, для выбора наиболее оптимального по стоимости решения разрабатывается несколько возможных вариантов с использованием различных машин, материалов и способов организации работ.

Следует отметить, что труд дорожника конкретен, его результат виден сразу, а оценивается миллионами потребителей, поэтому строители автомобильных дорог должны в совершенстве владеть приемами назначения оптимальных способов дорожно-строительных работ, выбора наиболее эффективных и производительных машин, качественных материалов с учетом дорожно-климатических условий, экономических факторов, а также условий эксплуатации будущей автомобильной дороги. Решению указанных задач посвящена учебная дисциплина «Строительство автомобильных дорог».

Дисциплина основана на сведениях и положениях, известных студентам из курсов «Проектирование автомобильных дорог», «Дорожно-строительные материалы», «Инженерная геология и механика грунтов», «Дорожные машины», «Производственные предприятия дорожной отрасли», с которыми студенты ознакомились ранее или изучают параллельно с дисциплиной «Строительство автомобильных дорог».

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ

проф. **В.В. Ушаков** — предисловие, глава 20;

доц. **В.М. Ольховиков** — параграф 14.1, главы 15, 17, 18 (кроме параграфа 18.3), разд. 4 (совместно с доц. **М.Г. Горячевым**);

проф. **В.П. Носов** — разд. 1, глава 16;

проф. **В.В. Силкин** — разд. 5 (глава 30 совместно с доц. **В.В. Рудаковой**, глава 31 совместно с доц. **А.П. Лупановым**);

доц. **М.Г. Горячев** — разд. 2, разд. 4 (совместно с доц. **В.М. Ольховиковым**);

доц. **Т.А. Ларина** — глава 19;

проф. **А.П. Васильев** — глава 21;

доц. **В.К. Апестин** — параграф 14.2;

проф. **Ю.М. Яковлев** — параграф 18.3.

РАЗДЕЛ 1

ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

ГЛАВА 1. СВЕДЕНИЯ О ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

1.1. Конструкции земляного полотна

Типовые конструкции земляного полотна, разработанные с учетом рельефа местности, почвенно-грунтовых, геологических, гидрологических и климатических условий, приведены на рис. 1.1 и 1.2. При наличии неблагоприятных условий земляное полотно возводят по индивидуальным проектам. К таким условиям относят: насыпи высотой более 12 м; выемки глубиной более 12 м; наличие слабых грунтов в основании насыпей; болота глубиной более 4 м; оползневые склоны; пересечения крутых и глубоких балок и оврагов; карстовые явления, избыточно засоленные грунты, селевые потоки, каменные обвалы, снежные лавины и т.д.

В последнее время в связи с поисками возможностей по повышению надежности, снижению стоимости строительства земляного полотна и уменьшению объемов насыпей применяют конструкции с армированным земляным полотном. Впервые такие насыпи были построены во Франции в целях уменьшения полосы земли, занимаемой дорогой, за счет увеличения крутизны откосов. В дальнейшем оказалось, что кроме этого эффекта армирование повышает модуль упругости грунтов в 1,5...2 раза. Армирование производят стекловолокном, уложенным перпендикулярно оси дороги, или сплошным тонким покрытием из тканого или нетканого синтетического материала.

Одним из эффективных путей повышения надежности земляного полотна является применение более прочного материала при его устройстве. Значительно увеличивается прочность грунта при укреплении его различными, даже слабоактивными материалами (золой, молотым шлаком, бокситовым шлаком и др.). Можно увеличить

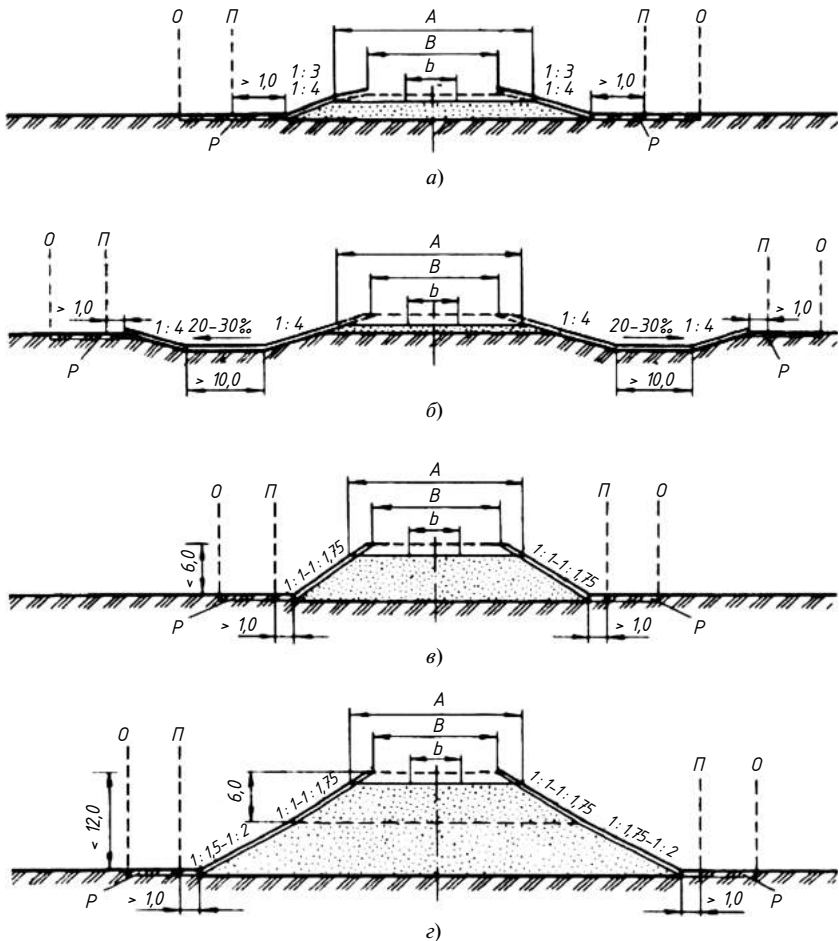


Рис. 1.1. Конструкции земляного полотна в поперечном профиле на насыпях:

а — насыпи высотой до 2...3 м без боковых резервов; *б* — насыпи высотой 1,5 м с боковыми резервами; *в* — насыпи высотой от 2...3 до 6 м; *г* — насыпи высотой от 6 до 12 м; *A* — ширина возводимого земляного полотна; *B* — ширина дорожного полотна; *b* — ширина проезжей части; *П* — граница постоянной полосы отвода; *О* — граница временной полосы отвода; *P* — восстановленный слой растительного грунта

устойчивость слабых грунтов путем добавки другого грунта и получения оптимальной смеси по зерновому составу. Введение в грунт даже небольшого количества цемента или извести повышает его водостойкость в несколько раз. Увеличения прочности грунта достигают изменением его влажности и степени уплотнения.

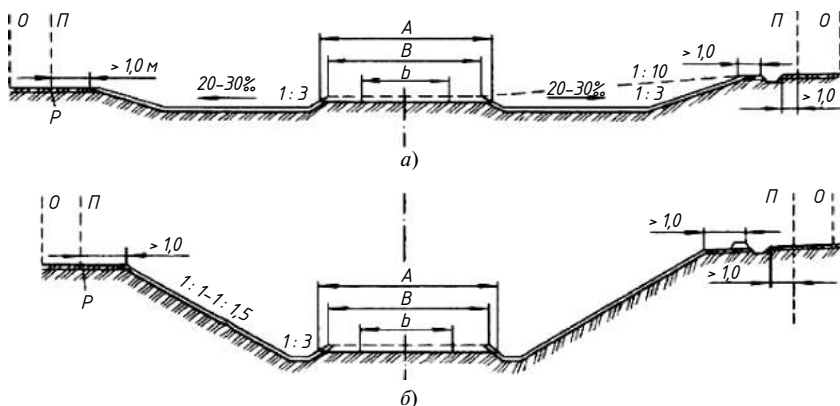


Рис. 1.2. Конструкции земляного полотна в поперечном профиле на участках выемок:

a — выемки глубиной до 5 м на снегозаносимых участках; *б* — выемки глубиной до 12 м без откосных полок; *A* — ширина возводимого земляного полотна; *B* — ширина дорожного полотна; *b* — ширина проезжей части; *П* — граница постоянной полосы отвода; *О* — граница временной полосы отвода; *Р* — восстановленный слой растительного грунта

Прочность земляного полотна обеспечивается выбором его конструкции в соответствии с определенными условиями работы, применением устойчивых грунтов, защитой их от увлажнения или замерзания. Прочность земляного полотна во многом зависит от технологических параметров, основным из которых является обеспечение необходимой степени уплотнения грунтов. Прочность грунтов, как правило, тем больше, чем выше их плотность (при условии соответствия определенной влажности).

Прочность земляного полотна зависит и от других факторов, в частности от рационального расположения различных грунтов. Предпочтительнее грунты более устойчивые помещать в верхней части насыпей. Земляное полотно должно быть однородным в своей массе по физическому состоянию грунтов. Это определяется главным образом однородностью плотности и влажности грунтов. Повышение однородности грунта приводит к повышению надежности земляного полотна.

1.2. Требования к грунтам для земляного полотна. Способы улучшения грунтов

Грунты, используемые для возведения насыпей, разделяют на четыре основные группы: скальные, добываемые путем разрушения

естественных сплошных или трещиноватых скальных массивов; крупнообломочные, залегающие в естественных условиях в виде аллювиальных и делювиальных отложений; песчаные; глинистые. Каждая из перечисленных групп имеет классификацию по разновидностям и своим особым характеристикам.

Скальные грунты и породы с позиции пригодности для земляного полотна принято подразделять на разновидности по размягчаемости при длительном воздействии воды:

$$P = R_b/R_c,$$

где R_b — предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии; R_c — предел прочности при сжатии в воздушно-сухом состоянии.

Если $P > 0,75$, скальную породу относят к неразмягчаемой, если $P < 0,75$ — к размягчаемой.

Крупнообломочные и песчаные грунты подразделяют на разновидности в зависимости от зернового состава. Глинистые грунты подразделяют в зависимости от зернового состава и пластичности. Выделяют так называемые особые разновидности грунтов, которые обладают разными свойствами, главным образом неблагоприятными. К грунтам особых разновидностей относят илы, лёссы, мергели, трепел, тальковые и меловые грунты, засоленные грунты и некоторые другие.

Для насыпей применяют грунты, состояние которых под действием природных факторов не изменяется или изменяется незначительно, что не влияет на их прочность и устойчивость в земляном полотне. К таким грунтам относят скальные неразмягчаемые породы, крупнообломочные, песчаные (кроме мелких и пылеватых), супеси легкие и крупные. Эти грунты применяют для возведения земляного полотна без ограничений.

Грунты глинистые, мелкие и пылеватые пески, размягчаемые скальные грунты, некоторые грунты особых разновидностей также пригодны для разведения земляного полотна, но при этом необходимо учитывать некоторые ограничения.

Возможность и целесообразность применения этих грунтов устанавливают в зависимости от местных условий и технико-экономических соображений. Например, глины мергелистые, сланцевые и жирные, грунты меловые тальковые и трепелы пригодны для отсыпки насыпей в благоприятных условиях, т.е. в сухих местах, а на участках с неблагоприятными гидрологическими условиями, в поймах рек, в низинах, где уровень грунтовых вод высокий или возможно длительное подто-

пление поверхностными водами, эти грунты могут быть применены только для верхней части насыпей.

Для нижней части насыпей, длительно или постоянно подтопляемых водой, можно применять скальные или крупнообломочные грунты, песок крупный или средней крупности, супесь легкую крупную с массовой долей глинистых частиц не более 6%.

Не применяют для насыпей грунты глинистые, избыточно засоленные; глинистые, влажность которых выше допустимой; торф, ил, мелкий песок и глинистые грунты с примесью ила и органических веществ, верхний почвенный слой, содержащий в большом количестве корни растений; тальковые грунты и трепелы для насыпей и на участках, где возможен длительный застой воды; содержащие гипс в количестве, превышающем норму.

Кроме грунтов природного происхождения для насыпей применяют отходы промышленности строительных материалов, золошлаковые смеси, образующиеся при сжигании каменного угля на тепловых электростанциях, отходы горнодобывающей промышленности и др.

Насыпи возводят из грунта, который получают при разработке выемок, грунтовых карьеров или боковых резервов. Объем потребного грунта для насыпей

$$V_k = V_n K_1,$$

где V_n — объем сооружаемой насыпи, м^3 ; K_1 — коэффициент относительного уплотнения ($K_1 = \delta_n / \delta_e$, где δ_n — плотность грунта (требуемая) и насыпи, г/см^3 ; δ_e — плотность грунта в естественном состоянии (в карьере, выемке или резерве), г/см^3).

Насыпи, как правило, возводят из однородных грунтов, но при необходимости их можно отсыпать и из разных грунтов, однако располагать эти грунты надо отдельными горизонтальными слоями. Предпочтительно в верхней части насыпи (1,0...1,5 м) применять лучшие, более прочные грунты, так как эта часть насыпи обычно подвергается большему воздействию природных факторов и транспортных средств. Недопустима беспорядочная отсыпка грунтов в насыпи, потому что в такой неоднородной массе происходит неравномерное перераспределение влаги и изменение физических свойств под влиянием климатических факторов. Вследствие этого нарушается ровность при морозном пучении грунта, а при оттаивании образуется неравнопрочное основание дорожной одежды, что ведет также к нарушению ровности или разрушению дорожной одежды.

При отсыпке нижней части насыпи из дренирующих грунтов толщина этого слоя должна быть больше высоты капиллярного поднятия в этом грунте, для того чтобы предотвратить приток воды в верхнюю часть насыпи.

1.3. Технология работ по сооружению земляного полотна

Земляные работы, выполняемые при строительстве автомобильных дорог, как правило, неоднородны по длине строящейся дороги. Объемы земляных работ изменяются в соответствии с высотой насыпей и глубиной выемок. Конструкции земляного полотна меняются также в зависимости от этих характеристик и, кроме того, от грунтово-гидрологических условий. Все это определяет различия в выполнении отдельных технологических процессов или технологии в целом. Однако состав работ при возведении земляного полотна постоянен — это подготовительные работы, основные работы по возведению насыпей и разработке выемок, отделочные работы.

Подготовительные работы — восстановление трассы, отвод и закрепление земель на постоянное и временное пользование, расчистка полосы отвода, разметка работ, устройство водоотводных канав и дренажей.

Основные работы — непосредственная разработка выемок и отсыпка насыпей. Основные работы включают такие главные технологические процессы, как рыхление и копанье грунта, его транспортирование в места отсыпки насыпей или отвалов, распределение и уплотнение грунта.

Отделочные работы — планировка поверхности земляного полотна, укрепление от размыва водой канав и откосов насыпей и выемок, восстановление растительного слоя на землях, отводившихся во временное пользование.

В сложных или специфических условиях, например на болотах, в горах, в условиях вечной мерзлоты, выполняют специальные работы или технологические процессы: удаляют торф, рыхлят скальные породы взрыванием, устраивают изолирующие прослойки. Строительные работы выполняют в соответствии с установленной для каждого вида работ технологией, которая обеспечивает создание прочного устойчивого земляного полотна с длительным сроком службы при минимальных затратах труда и других ресурсов.

Все земляные работы выполняют с помощью различных машин, которые подбирают таким образом, чтобы обеспечить надлежащее качество работ и наиболее полное использование каждой применяемой машины. В результате повышается производительность труда и снижается себестоимость работ. Выбор машин для различных условий и технологических процессов производят на основании расчетов и результатов технико-экономических сравнений разных вариантов.

Для основных работ по разработке и транспортированию грунта применяют: бульдозеры — при дальности перемещения грунта до 100 м; скреперы — при благоприятных грунтовых условиях и дальности транспортирования более 100 м; экскаваторы — для разработки любых грунтов. Транспортные средства выбирают в зависимости от расстояния перевозки и условий проходимости. Экскаваторы иногда применяют в сочетании с другими машинами, например бульдозерами или скреперами. При разработке очень прочных грунтов их рыхлят взрывным способом. Наряду с экскаваторами применяют самоходные фронтальные погрузчики. При легких грунтах они самостоятельно производят их разработку, а при плотных для разработки применяют рыхлители или бульдозеры, погрузчик же осуществляет только погрузку.

При выборе машины для земляных работ учитывают объемы работ и сроки их выполнения. Более экономично применение мощных машин, т.е. машин с большим объемом кузова или ковша, но объем работ должен быть достаточен для их непрерывной и продолжительной работы.

Оптимальный вариант при выборе машин устанавливают путем сравнения различных вариантов по основным технико-экономическим показателям: стоимости работ, затратам энергии, выработке на одного рабочего. Основные данные для выбора машин приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Ориентировочные рекомендации по выбору машин

Вид работ	Рекомендуемые машины и транспортные средства	Типоразмер машин при годовых объемах работ, тыс. м ³		
		50...100	100...500	500...5 000
Разработка боковых резервов и мелких выемок с перемещением грунта в насыпь:				
— высотой до 1,5 м и дальностью транспортирования до 80 м	Бульдозер на тракторе класса тяги, кН	60...100	60...150	100...250

Окончание

Вид работ	Рекомендуемые машины и транспортные средства	Типоразмер машин при годовых объемах работ, тыс. м ³		
		50...100	100...500	500...5 000
— высотой до 3 м и дальностью транспортирования до 600 м	Скрепер прицепной с ковшом вместимостью, м ³	4,5...8	7...8	8...15
Разработка выемок и грунтовых карьеров с перемещением грунта в насыпь или кавальер на расстояние: 80...600 м				
	Скрепер прицепной с ковшом вместимостью, м ³	4,5...8	7...8	8...15
600...1000 м	Скрепер полуприцепной и самоходный с ковшом вместимостью, м ³	9...15	15...25	15...25
	Экскаватор или погрузчик с ковшом вместимостью, м ³	0,25...1,0	0,5...1,5	1,5...4,0
более 1000 м	Автомобиль-самосвал или землевоз грузоподъемностью, т	4,5...5,0	4,5...7	7...25
	Скрепер самоходный с ковшом объемом, м ³	15...25	15...25	15...40
	Экскаватор или погрузчик с ковшом объемом, м ³	0,25...1,0	0,5...1,5	1,5...4,0
	Автомобиль-самосвал грузоподъемностью, т	4,5...5	4,5...7	7...25

Последовательно рассматривая каждый отдельный участок сооружаемой автомобильной дороги, устанавливают способы ведения земляных работ в зависимости от местных условий: конструкции земляного полотна на данном участке; вида и расположения грунтов

в карьерах и выемках; рельефа местности; возможности строительства временных дорог для движения машин и т.д.

В соответствии с намеченными способами для каждого участка назначают варианты ведущих машин и рассчитывают по каждому варианту основные технико-экономические показатели.

Стоимость работ зависит от вида применяемых машин и от времени, затраченного на выполнение объема работ на рассматриваемом участке дороги:

$$C = \frac{\sum tM}{V}; \sum tM = t_1M_1 + t_2M_2 + \dots + t_nM_n,$$

где C — стоимость единицы работ, руб/м³; t — время работы каждого вида машин, необходимое для выполнения всего объема работ, машино-смена; M — стоимость машино-смены соответственно каждой из машин, занятых на работах, руб.; V — объем земляных работ на объектах, м³.

Энергоемкость работ устанавливают по затраченной работе, приходящейся на единицу объема земляных работ:

$$\Theta = \frac{\sum tN}{V}; \sum tN = t_1N_1 + t_2N_2 + \dots + t_nN_n,$$

где Θ — энергоемкость продукции, Дж/м³; N — мощность двигателей машин, Вт.

Выработку на одного рабочего определяют по затратам труда на выполнение работ:

$$B = \frac{V}{\sum U}; \sum U = U_1 + U_2 + \dots + U_n,$$

где B — выработка на одного рабочего, м³/человеко-день; U — время работы рабочих по каждому технологическому процессу, человеко-день.

Расчеты по определению оптимального варианта целесообразно выполнять с помощью ЭВМ, тогда можно рассмотреть не только варианты применения того или иного вида машин, но и варианты применения различных моделей машин, варианты различного сочетания основных и вспомогательных машин. Для решения этих задач составляют технологические карты. Часто подобные вопросы решают с помощью расчетов, учитывающих средние условия в целом для всей дороги или участка большой протяженности. При этом определяют общие объемы по видам основных машин (объем бульдозерных работ, скреперных, экскаваторных и др.), рассчитывают составы отрядов и производят сравнение вариантов по так называемым дисконтированным затратам.

1.4. Сроки выполнения земляных работ

Земляные работы следует выполнять в наиболее благоприятные периоды года, когда грунты находятся в незамерзшем состоянии и влажность их не слишком велика, т.е. не превышает оптимальную в допустимых пределах. Большое значение имеет и возможность движения машин по грунтовым дорогам. Таким благоприятным периодом года в районах с умеренным климатом является весенне-летний и часть осеннего периода. Например, для южной части II дорожно-климатической зоны с конца апреля до начала третьей декады октября естественная влажность грунтов близка к оптимальной, глинистые грунты не слишком налипают на рабочие органы землеройных машин, а песчаные, наоборот, имеют некоторую связность, что также благоприятно для ведения работ. Все это способствует выполнению работ с обеспечением необходимого качества и производительной работы машин, участвующих в возведении земляного полотна.

Земляные работы можно производить не только в весенний, летний и осенний периоды, при необходимости их выполняют и зимой, но это обычно требует дополнительных затрат материальных ресурсов и труда на очистку от снега, разрыхление замерзших грунтов, на мероприятия по предотвращению промерзания и т.д.

В некоторых районах зимой условия работ оказываются лучшими. Например, в засушливых районах, где промерзание грунтов незначительное, а снежный покров отсутствует или небольшой толщины, зимний период более благоприятен для проведения земляных работ.

В некоторых случаях промерзание грунтов является положительным фактором и может иметь решающее значение при выборе времени для производства земляных работ. Например, в заболоченных районах в летнее время проезд транспортных машин по грунтовым дорогам затруднителен, а иногда даже невозможен, поэтому, несмотря на сложность ведения земляных работ зимой, такое решение часто оказывается рациональным или даже единственным.

При разработке скальных грунтов их промерзание практически не имеет значения.

В зимнее время обычно выполняют часть земляных работ, для того чтобы не было простоя машин, и это особенно эффективно для высвобождения транспортных средств от части перевозок грунта летом, когда потребность в них бывает наибольшая.

Земляное полотно, как правило, возводят заблаговременно. Строительство дорожной одежды проводят на следующий год после завершения земляных работ, когда земляное полотно стабилизируется.

При строительстве дорог с капитальными типами покрытий это условие является обязательным. При строительстве покрытий облегченного или переходного типа, а также при невысоких насыпях и в выемках допускают строительство дорожной одежды сразу после возведения земляного полотна.

При одновременном ведении земляных работ и строительстве дорожной одежды между ними должен быть участок готового земляного полотна — задел, необходимый на случай задержки в земляных работах из-за неблагоприятной погоды, выхода из строя отдельных машин или по другим причинам. Величина задела зависит от темпа работ по строительству дорожной одежды и других конкретных условий на объектах.

Количество календарных дней и рабочих смен определяют расчетом, исключая особо неблагоприятные периоды.

ГЛАВА 2. ПОДГОТОВКА ДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ

2.1. Восстановление и закрепление трассы

Положение оси дороги (трассы) на местности устанавливают и закрепляют в процессе изыскательских работ. Однако со времени проведения изысканий до начала строительства дороги проходит время, в течение которого могут измениться условия использования выделенных для строительства дороги земляных угодий, иногда бывают повреждены отдельные знаки, указывающие положение трассы. В связи с этим перед началом строительных работ необходимо вновь уточнить положение дороги на местности и восстановить закрепление трассы (рис. 2.1).

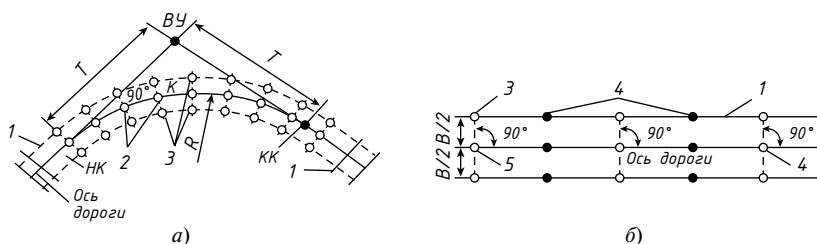


Рис. 2.1. Схема закрепления оси дороги:

а — на криволинейном участке трассы; б — на прямом участке; 1 — граница полосы отвода; 2 — пикеты (точка и сторожок с надписью); 3 — выносные столбики с отметками; 4 — выносные колья; 5 — четные пикеты (точка и сторожок с надписью); НК — начало кривой; КК — конец кривой; ВУ — вершина угла; Т — тангенс кривой; R — радиус кривой; b — ширина полосы отвода

Трасса — это условная линия, определяющая положение на местности геометрической оси дороги. Трасса может быть расположена или выше земной поверхности — тогда отсыпают насыпь, или ниже — тогда разрабатывают выемку.

Строительная организация — подрядчик, на которого возложено строительство автомобильной дороги; организует в своем составе геодезическую службу, выполняющую все геодезические разбивочные работы на протяжении всего строительства дороги.

Восстановление трассы предполагает обозначение на местности оси дорожного полотна и всех других сооружений, входящих в комплекс, которым является автомобильная дорога.

Для сохранения обозначений в процессе строительных работ их закрепляют на местности. На прямых участках дороги закрепление производят на границах однородных проектных участков.

Вершины углов поворота закрепляют установкой столбов, которые закапывают на расстоянии 0,5 м от фактической вершины угла на продолжении ее биссектрисы.

На этих столбах записывают порядковый номер угла, радиус, тангенс и биссектрису кривой.

В скальных грунтах положение точек, как на трассе, так и на выносных линиях, отмечают пересечением двух высеченных в скале канавок. Точки обкладывают камнями, а надписи делают несмываемой краской на скале или крупных камнях.

Вертикальные отметки точек закрепляют посредством установки реперов через каждые 1000...2000 м в зависимости от рельефа местности. Кроме этого реперы обязательно устанавливают на участках пересечения с другими автомобильными или железными дорогами, около искусственных сооружений, на пересечениях рек (на обоих берегах), у высоких насыпей (высотой более 5 м) и глубоких выемок (глубиной более 5 м). Реперы устанавливают в стороне от дороги, окапывают неглубокими канавками и обсыпают землей в виде конуса. В качестве реперов можно использовать цоколи зданий, опоры мостов, крупные камни и скалы.

При восстановлении трассы проводят обозначение и закрепление на местности дополнительных земельных участков, отводимых для резервов и карьеров, для производственных предприятий и размещения дорожных и транспортных служб. Во время этих работ граница земельных участков обозначается бороздами, столбами, узкими просеками, отметками на отдельных деревьях.

Закрепленную дорожную полосу оформляют в виде плана отводимых земель с приложением журнала закрепления и утверждают в соответствующих организациях. Если в пределах намеченной постоянной полосы отвода находятся здания и сооружения, то на них составляют дополнительные чертежи и положения, характеризующие их конструкцию и состояние. На подлежащие уничтожению сады, посевы сельскохозяйственных культур и прочее составляют акты изъятия земель у их собственника.

Полосу временного отвода, которая необходима для производства работ, устанавливают в зависимости от характера и ценности придорожных земель, типа применяемых машин и необходимости размещения с каждой стороны возводимого земляного полотна подъездных

путей для доставки грунта и материалов, проезда в период технологического закрытия движения по дороге, а также в местах строящихся искусственных сооружений.

2.2. Расчистка дорожной полосы

Территорию, необходимую для выполнения строительных работ, расчищают от леса, кустарника, пней и крупных камней. Если в пределах этой полосы находятся строения, линии связи или электропередачи, подземные инженерные сооружения, то их перестраивают или переносят на другое место в соответствии с решениями, указанными в проекте.

Расчистка полосы от леса является наиболее трудоемким процессом в составе работ по подготовке дорожной полосы. Следует иметь в виду, что древесина является ценным сырьем, которое можно использовать для переработки в полезную продукцию. Работы по расчистке дорожной полосы от леса и кустарника следует выполнять таким образом, чтобы получать древесину лучшего качества и без потерь. Лес можно убирать в любое время года, однако качество древесины лучше, если деревья спиливают зимой. В это же время облегчается проезд автомобилей по грунтовым дорогам. В связи с этим расчистку дорожной полосы от леса целесообразно вести в зимнее время. С другой стороны, при зимних работах приходится оставлять пни, которые выкорчевывают только летом. Валку деревьев осуществляют спиливанием бензомоторными или электрическими пилами. Для обеспечения безопасности работ перед спиливанием деревьев необходимо убрать имеющийся кустарник и низко расположенные сучья.

Спиленные деревья очищают от сучьев и транспортируют на промежуточный склад трелеровочным трактором с щитом и лебедкой для подтягивания пачки деревьев на щит. Трелевку отдельных деревьев производят тракторами. Для погрузки деревьев на транспортные средства используют специальные лесопогрузчики. Схема расчищаемой от леса дорожной полосы приведена на рис. 2.2.

Преимущественно в летнее время производят корчевку пней с помощью бульдозеров, корчевателей или взрыванием. Выкорчеванные пни и сучья (порубочные остатки) убирают с полосы отвода или сжигают с соблюдением противопожарной безопасности. Оставшиеся после корчевания пней или валки деревьев ямы засыпают грунтом и уплотняют. Поверхность основания насыпи выравнивают.

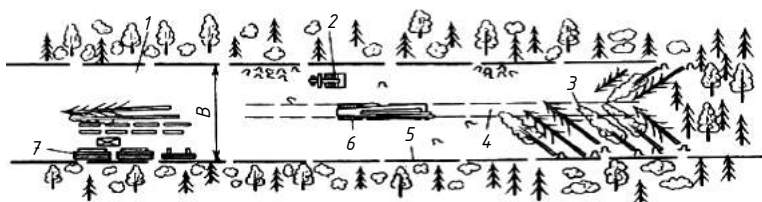


Рис. 2.2. Расчистка дорожной полосы от леса:

1 — разделочная площадка; 2 — корчеватель; 3 — поваленные деревья; 4 — трелевочный валок; 5 — граница полосы отвода вырубki; 6 — трелевочный трактор; 7 — штабеля деревьев; B — ширина вырубki

Кустарник удаляют с помощью бульдозеров или кусторезов. Иногда для уборки кустарника применяют корчеватели-собиратели.

Срезку кустарника кусторезами производят в любое время года, но лучшие условия для этой работы создаются зимой благодаря закреплению корней и стволов кустарника в промерзшей почве. В этих условиях ножи кустореза хорошо срезают древесную растительность за один проход. Успешно проходит срезка и в начале весны, когда снега уже мало, а земля еще не оттаяла. В весенне-летний период ножи кустореза часто заглубляются в грунт и затрудняют работу.

Мелкие камни (объемом до 1 м^3), встречающиеся на дорожной полосе, удаляют за ее пределы бульдозером, крупные (объемом больше 1 м^3) разрушают взрыванием, а затем также удаляют бульдозером.

2.3. Удаление растительного слоя

Плодородный почвенный слой, или, как его чаще называют, растительный грунт, следует снимать со всей площади, отведенной для строительства дороги, и складировать в отвалы для последующего использования. Толщину снимаемого плодородного почвенного слоя устанавливают проектом. В зависимости от дорожно-климатической зоны толщина колеблется от 10 до 30 см. Растительный грунт используют при укреплении откосов земляного полотна, для распределения на разделительной полосе, рекультивации восстанавливаемых или малопродуктивных сельскохозяйственных земель.

Работу выполняют с помощью бульдозеров или скреперов. При применении бульдозеров срезку грунта производят под углом к оси дороги или при продольном либо поперечном движении машины относительно дорожной полосы. Отвалы грунта располагают вдоль краев полосы отвода так, чтобы они не мешали последующим работам.

Чаще всего растительный грунт срезают бульдозером. В зависимости от ширины дорожной полосы и толщины срезаемого почвенного слоя выбирают тип бульдозера и схему последовательности выполнения работы.

Объем грунта, который может переместить бульдозер за один проход, зависит от размеров отвала и свойств грунта:

$$q = \frac{lH^2}{2K},$$

где l — длина отвала бульдозера, м; H — высота отвала бульдозера, м; K — коэффициент, зависящий от свойств грунта.

Производительность бульдозера при срезке и перемещении растительного слоя грунта

$$\Pi = \frac{TqK_nK_i}{tK_p},$$

где T — продолжительность смены, ч; q — объем грунта, перемещаемого за один цикл, м³; K_n — коэффициент, учитывающий потери грунта при его перемещении; K_i — коэффициент, учитывающий наличие подъема или уклона (при подъеме 150‰ $K_i = 0,5$; при уклоне 150‰ $K_i = 2,25$); t — время, затрачиваемое на один цикл, ч; K_p — коэффициент разрыхления грунта ($K_p > 1$).

При применении скреперов срезку растительного грунта производят последовательными проходами при продольном движении. Объем перемещаемого грунта одним скрепером зависит от вместимости ковша скрепера и его заполнения.

Производительность скрепера

$$\Pi_c = \frac{Tq_cK_nK_b}{t_cK_p},$$

где T — продолжительность смены, ч; q_c — вместимость ковша скрепера, м³; K_n — коэффициент наполнения ковша; K_b — коэффициент использования времени; t_c — время, затрачиваемое на один цикл, ч; K_p — коэффициент разрыхления грунта.

Рекультивацию земель или восстановление плодородного почвенного слоя производят там, где в процессе строительства он был поврежден или полностью уничтожен. К таким местам в первую очередь относят территории, занимавшиеся под временные дороги, стоянки дорожных машин, грунтовые, песчаные или гравийные карьеры, боковые резервы.

2.4. Разбивочные работы при возведении земляного полотна

Разбивка земляного полотна состоит в нанесении и закреплении на местности основных точек, определяющих поперечные размеры оснований будущих насыпей и верхние бровки выемок с учетом уклона местности, толщины снимаемого растительного слоя и расположения боковых канав и резервов. Эти границы отмечают бороздами, вырезаемыми автогрейдером, или кольями, забиваемыми через 25...50 м.

Разбивку выполняют, руководствуясь проектными материалами и рабочими чертежами, в которых приведены типовые поперечные профили насыпей и выемок будущей дороги, продольный профиль с рабочими отметками каждого пикета.

Несколько сложнее разбивка работ на кривых. Восстановленная трасса имеет закрепленные точки: начала и конца кривой и пересечения направлений трассы — вершину угла. На основании этих данных необходима геодезическая разбивка промежуточных точек по оси будущего земляного полотна.

При разбивке каждого криволинейного участка сначала устанавливают положение всех точек на кривой, размещенных по оси дороги. В этих точках находят направление нормалей к кривой, а затем от оси дороги вдоль каждой нормали устанавливают положение всех точек поперечного профиля земляного полотна в данном месте.

При разбивке учитывают конструкцию поперечного профиля дороги в окончательном виде.

На дорогах с покрытиями капитального типа ширина земляного полотна B_1 , возводимого вначале до отметки низа дорожной одежды, будет больше проектной ширины дорожного полотна B и может быть вычислена по следующей формуле:

$$B_1 = B + 2h_{до}m,$$

где $h_{до}$ — толщина дорожной одежды; m — крутизна откосов.

При разбивке выемок также учитывают толщину дорожной одежды.

Все необходимые точки закрепляют на местности кольями. На кольях делают затески, на которых несмываемой краской указывают пикетажное положение и отметку насыпи или выемки. Для обеспечения сохранности от повреждения строительными машинами и автомобилями за пределами рабочей зоны устанавливают дополнительные колья, которые позволяют оперативно восстанавливать сбитые колья.

На дорогах, имеющих высоту насыпи до 1,5 м, по оси забивают колья, указывающие номера пикетов и высоту насыпи, а рядом ставят веху с поперечной планкой наверху, обозначающей поверхность будущей насыпи. При насыпях бóльшей высоты ограничиваются забивкой только кольев по оси.

На косогорах разбивку поперечного профиля ведут с применением теодолита, контрольного шаблона, уровня и рейки.

Разбивку водоотводных и нагорных канав проводят путем установки по их осям кольев, на которых обозначают глубину канавы в данной точке, а на кольях, вынесенных за пределы канавы, — ее ширину. Размеры и очертания канав при работе проверяют шаблонами.

Закрепление временной полосы отвода для строительства проводят одновременно с разбивкой элементов земляного полотна. Полоса постоянного отвода находится обычно в пределах полосы временного отвода, поэтому границы ее закрепляют после полного окончания работ по отделке земляного полотна и ликвидации временных подъездных дорог.

ГЛАВА 3. СТРОИТЕЛЬСТВО СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

3.1. Виды сооружений и способы регулирования водно-теплового режима земляного полотна

Устойчивость земляного полотна к внешним воздействиям в большой степени зависит от влажности грунта. Под влиянием атмосферных воздействий происходит постоянное изменение влажности грунта в процессе эксплуатации автомобильной дороги. Известно, что при изменении влажности для большей части грунтов характерно существенное снижение их несущей способности. Для ограничения диапазона изменения влажности в проектах предусматриваются мероприятия по регулированию водно-теплового режима земляного полотна.

Водно-тепловым режимом называют процесс изменения температуры и влажности в различных точках земляного полотна во времени, он зависит не только от климатических условий региона, но и в значительной степени от рельефа местности, уровня грунтовых вод и конструкции земляного полотна.

В общем случае виды увлажнения земляного полотна представлены на рис. 3.1.

Атмосферные осадки в виде дождя и тающего снега при гладком и достаточно водонепроницаемом покрытии стекают с него на обочины, затем по откосам — в боковые канавы или резервы. При интенсивных осадках стекающая вода может размывать обочины и откосы, переполнять боковые канавы, размывать их и проникать в земляное полотно, переувлажняя его.

В зимнее время вода, заполняющая поры грунта, при замерзании увеличивается в объеме и вызывает пучение земляного полотна. Это особенно характерно для I, II и отчасти III дорожно-климатических зон.

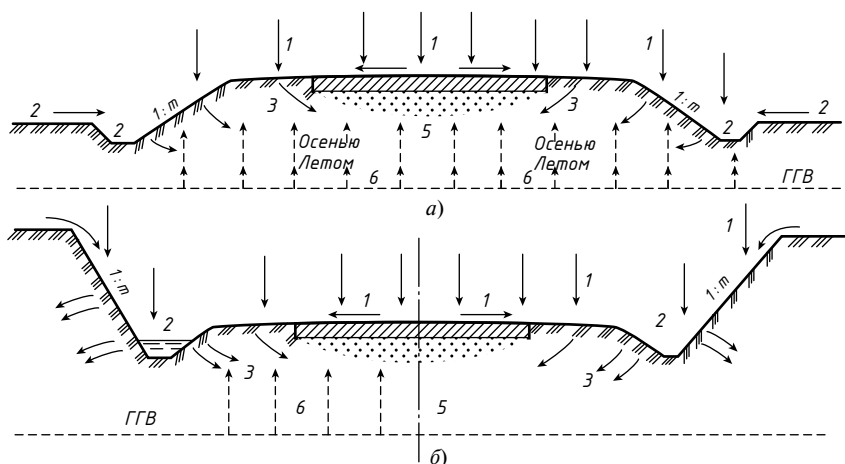


Рис. 3.1. Виды увлажнения земляного полотна:

а — в насыпи; *б* — в выемке; 1 — атмосферные осадки; 2 — поверхностные воды; 3 — просачивающаяся вода; 4 — парообразная вода; 5 — пленочная вода; 6 — капиллярная вода; ГГВ — горизонт грунтовых вод

В южных районах (IV и V дорожно-климатические зоны) увлажнение грунта в верхней части земляного полотна возможно парообразной водой, конденсирующейся на нижней поверхности водонепроницаемой дорожной одежды.

Чтобы предохранить дорожную одежду от переувлажнения капиллярной и конденсирующейся водой и обеспечить устойчивость земляного полотна, в нем строят паро- и водонепроницаемые слои. Такие слои из материалов, обработанных органическими вяжущими, или синтетических материалов препятствуют подъему воды по капиллярам и скоплению ее в верхней части земляного полотна и в дорожной одежде.

Комплекс сооружений для отвода воды объединяют под общим названием «дорожный водоотвод», системы которого разделяют на две группы — строительные и постоянные.

К первой группе относят сооружения и мероприятия по предохранению земляного полотна от увлажнения при его строительстве. Строительство выемок, канав и других сооружений ведут начиная снизу вверх по уклону, чтобы вода могла стекать вниз, не задерживаясь на месте работ. При сильном притоке грунтовых вод необходимы дренажные системы.

Ко второй группе относят водоотводные канавы и лотки, обеспечивающие поверхностный водоотвод, глубокие дренажи для понижения

уровня грунтовых вод, дренажи для перехвата грунтовых вод, дренирующие, паро- и водонепроницаемые, теплоизолирующие и морозоустойчивые слои.

Некоторые водоотводные сооружения являются неотъемлемой частью земляного полотна. К ним относят все сооружения поверхностного водоотвода, перехватывающий и глубокий дренажи, паро- и водонепроницаемые, капилляроперехватывающие слои.

Мероприятия, предназначенные для осушения и снижения глубины промерзания дорожной одежды, выполняют после возведения земляного полотна в составе работ по строительству дорожной одежды. К ним относят дренажные и теплоизоляционные слои, а также дренажи для осушения песчаного дренирующего слоя.

3.2. Строительство объектов поверхностного водоотвода

К объектам поверхностного водоотвода следует относить боковые канавы в выемках и вдоль насыпей высотой до 1,5 м, боковые выработанные резервы, нагорные канавы у выемок, канавы для осушения болот, канавы, отводящие воду от дороги в водоемы, лотки на горных дорогах и др. Ряд водоотводных сооружений должны быть построены до возведения земляного полотна. В связи с этим отсыпку насыпи начинают с разработки резервов и канав. До начала разработки выемок прорывают нагорные канавы, предварительно производят осушение оползневых склонов и болот.

Канavam с откосами 1 : 1,5, реже 1 : 2 придают уклон не менее 5‰. В равнинной местности на отдельных участках возможно снижение уклона до 3‰. Глубина боковых лотков и канав с заложением откосов 1 : 3 не должна превышать 0,5 м.

Работы по рытью канав состоят из следующих операций. На месте обозначают оси канав вехами, затем проводят ограничительные борозды автогрейдерами и поперечными зарезаниями бульдозером, перемещают грунт в насыпь или распределяют по прилегающей местности. Планировку откосов и точное придание им формы производят автогрейдерами с откосниками. При небольших продольных уклонах (до 2‰) канавы постепенно зарастают травой. При легкоразмываемых грунтах дно и боковые стенки канав укрепляют. При строительстве дорог на землях, не используемых для сельского хозяйства, насыпи отсыпают из грунта боковых резервов. Дну резервов придают уклон в сто-

рону от насыпи. При широких резервах в дальней от насыпи стороне прорезают канавы для отвода вод из резервов. Иногда при ширине резервов более 6 м их дну придают поперечный профиль с уклонами к оси резерва.

В местах перехода выемок в насыпи и при приближении к водоемам боковые канавы отводят в стороны.

На продольных уклонах более 2...3‰, особенно легкоразмываемых грунтах, канавы укрепляют. Откосы и дно канав облицовывают бетонными плитами размером 40×40×12 см. Плиты укладывают непосредственно на грунт. Если уклон канав более 3‰, во избежание подмыва плит водой их укладывают на слой толщиной 10...12 см из мелкого щебня или гравия размером 5...20 мм. Швы между плитами заливают битумной мастикой или цементным раствором. В горных районах в каменистых грунтах прокладывают лотки из камня или готовых бетонных изделий (рис. 3.2).

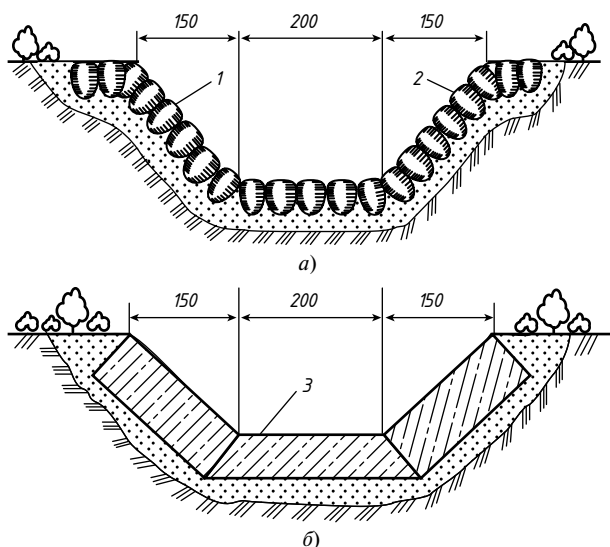


Рис. 3.2. Лотки для сбора воды с проезжей части и отвода ее в водоемы:
а — мощеные; *б* — из бетонных плит; *1* — булыжный камень;
2 — песчано-гравийная смесь; *3* — бетонные плиты

Монтаж конструкций из сборных элементов производят автомобильными кранами. При монтажных работах вручную наиболее целесообразно применять телескопические бетонные лотки (рис. 3.3). Они обладают тем преимуществом, что звенья их сопрягаются сдвигани-

ем одного в другое и не требуют ни заделки швов, ни других способов их закрепления. Такие телескопические лотки устойчивы против размыва и сползания.

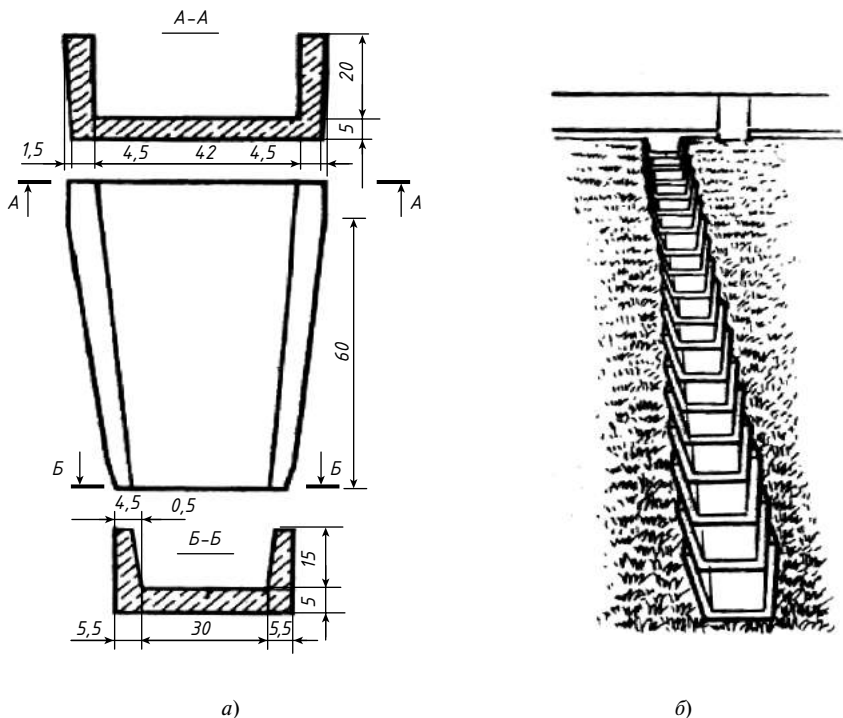


Рис. 3.3. Телескопический лоток для отвода поверхностных вод с откосов:
а — схема бетонного лотка; б — общий вид

У подошвы насыпи в землю заделывают бетонный упор для удержания всего лотка от сползания. В боковых канавах участки с большими уклонами делают в виде быстротоков из сборных бетонных лотков, соответствующих поперечному профилю канавы. Лотки укладывают краями на слой мелкого щебня или гравия.

Нагорные канавы прорывают автогрейдерами и бульдозерами, грунт перемещают в сторону выемки, укладывая его в виде вала — банкета. На крутых горных склонах из щебеночных и скальных грунтов вдоль оси нагорных канав грунт разрыхляют взрывным способом. После рыхления грунта взрывом его сдвигают бульдозером для образования канавы и банкета.

Менее трудоемким способом укрепления канав является применение для этих целей пропитки дна и откосов химическими реагентами, обладающими необходимой вязкостью. В результате пропитки размыв предотвращается даже на участках с большими продольными уклонами.

Технология работ состоит из тщательной планировки поверхности дна и откосов автогрейдером с откосником, разбрызгивания автогудронатором через шланг по поверхности канав укрепляющего материала с применением мер предосторожности, учитывая его токсичность.

Систему поверхностного водоотвода проверяют во время сильного дождя. Замеченные места застоя воды или размыва отмечают и исправляют.

3.3. Строительство дренажей для перехвата и понижения уровня грунтовых вод

При разработке грунта в выемках при их глубине ниже уровня грунтовых вод приходится прорезать водоносный слой. Если не принимать предохранительных мер, то вода из водоносного слоя будет просачиваться и стекать по откосу в выемку, что существенно усложнит работу машин и может привести к сползанию откоса. Эту воду задерживают и собирают перехватывающим дренажом. Строить такой дренаж целесообразно до сооружения выемки.

В зависимости от залегания водоносного слоя дренаж располагают в откос выемки так, чтобы не вызывать обрушения откоса. Конструкция дренажа предусматривает основной элемент — дренажную трубу, обернутую геотекстилем, укладываемую кранами на грунтощебеночное или гравийное основание (рис. 3.4).

Со стороны откоса выемки в подготовленной траншее на всю ее глубину послойно укладывают глинистый грунт для создания водонепроницаемого экрана в виде стенки. Остальную часть траншеи заполняют песком. Поверх этой части дренажа укладывают водонепроницаемый слой из мятой глины с числом пластичности более 27 и сверху засыпают местным грунтом.

Для дренажа применяют трубы гончарные, асбоцементные, пластмассовые, из пористого бетона. Внутренний диаметр труб — 50...300 мм, длина зависит от их типа и массы.

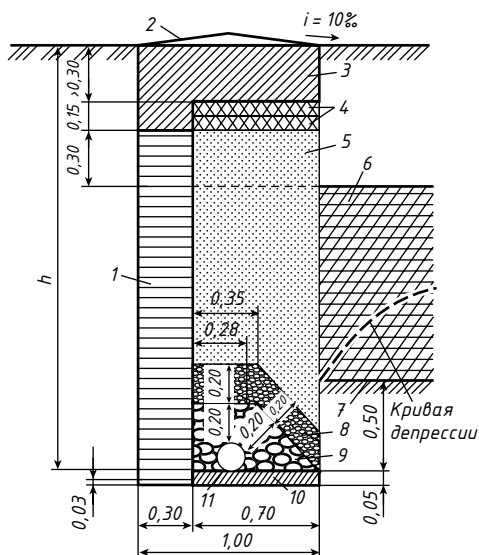


Рис. 3.4. Дренаж, перехватывающий грунтовую воду на откосе выемки:
1 — экран из мятой глины; 2 — местный грунт; 3 — утрамбованный глинистый грунт; 4 — дерн; 5 — крупно- или среднезернистый песок; 6 — водоносный слой; 7 — водонепроницаемый грунт; 8 — щебень или гравий размером 5...10 мм; 9 — щебень или гравий размером 40...70 мм; 10 — щебень, утрамбованный в грунт (подушка для дрена); 11 — дренажная труба диаметром 15...20 см

Для поступления воды в трубы в них делают водоприемные отверстия, прорезы или ограничиваются стыками между звеньями труб. Уложенные в траншею трубы в стыках обертывают фильтровыми тканями (геотекстиль) или соединяют кольцевыми полимерными муфтами. Широко применяют пластмассовые перфорированные трубы, заранее обернутые геотекстилем.

На всех переломах продольной линии дренажа в плане, а на прямых участках через 60...80 м устанавливают смотровые колодцы. Назначение колодцев — облегчить нахождение пробок и мест, препятствующих нормальному протеканию воды в трубах. Колодцы делают из сборных железобетонных колец диаметром около 1 м (рис. 3.5). Колодец сверху имеет горловину, закрываемую чугунной крышкой.

Технология работ по строительству дренажа для перехвата грунтовых вод состоит из следующих операций: снятия дерна на полосе будущего дренажа бульдозером или автогрейдером; отрывки траншеи начиная с места выпуска воды из дренажа во избежание затопления траншеи, с применением траншейного экскаватора (при глубокой

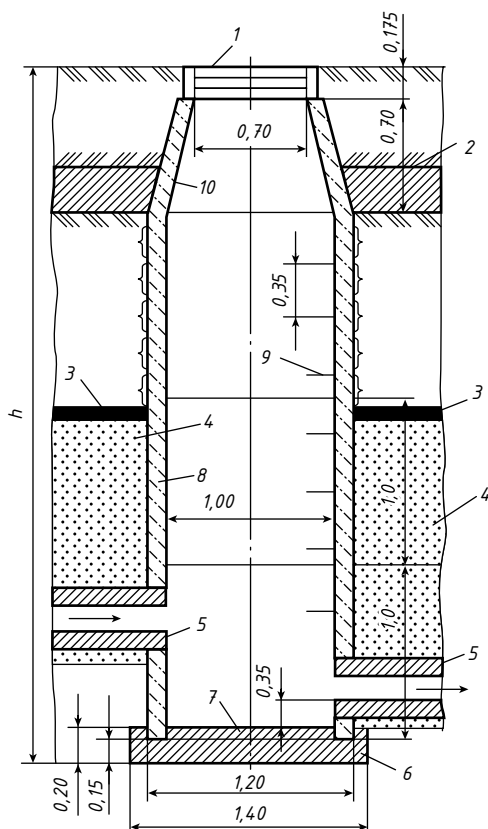


Рис 3.5. Сборный смотровой колодец на дренажных и водосточных линиях:

- 1 — металлический люк; 2 — уплотненный глинистый грунт;
- 3 — водонепроницаемый слой из грунта, обработанного битумом, или из гидроизола; 4 — песок; 5 — труба; 6 — бетонное дно;
- 7 — отстойник; 8 — железобетонные кольца; 9 — лаз в колодец;
- 10 — горловина из сборных железобетонных колец

траншее и неустойчивых грунтах необходима установка креплений с распорками); укладки основания из слоя щебня или гравия; устройства глиняного экрана; укладки труб с обертыванием стыков фильтровой тканью или обсыпкой щебнем; проверки правильности укладки труб; исправления искривленных мест; засыпки фильтрующим песком; укладки глинистого слоя с уплотнением; засыпки местным грунтом с уплотнением; укладки дернового слоя по поверхности проложенного дренажа; строительства смотровых колодцев.

При расположении уровня грунтовых вод под земляным полотном и возможном переувлажнении слагающих его грунтов капиллярной водой возникает необходимость строительства глубоких дренажей для понижения уровня грунтовых вод в пределах земляного полотна.

Линии дренажа располагают вне дорожного полотна под боковыми водоотводными канавами. Необходимость прокладки глубокого дренажа обосновывают технико-экономическими расчетами.

Основная цель прокладки глубокого дренажа — снизить уровень грунтовых вод под земляным полотном на такую величину, чтобы от пониженного уровня грунтовых вод капиллярная вода не достигла дорожной одежды (рис. 3.6).

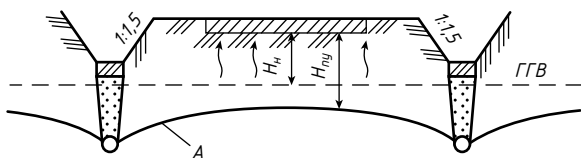


Рис. 3.6. Понижение уровня грунтовых вод в земляном полотне с помощью дренажа:

A — кривая депрессии; H_n — расстояние от уровня грунтовых вод до прокладки дренажа; $H_{пг}$ — расстояние от уровня грунтовых вод после прокладки дренажа

Высота капиллярного поднятия различна для разных грунтов. Дренажные трубы приходится укладывать на глубине до 2,5...3 м, что определяет название — «глубокий дренаж» — и создает трудности по его осуществлению. В остальном работы не отличаются от работ по строительству перехватывающих дренажей.

Особенности работ связаны с тем, что дренажи под боковыми канавами при наличии возведенного земляного полотна приходится строить в стесненных условиях. Траншеи роют с вертикальными стенками траншейным экскаватором или экскаватором с «обратной лопатой». Грунт отвозят в отвалы, затем с помощью того же экскаватора устанавливают инвентарные крепления траншеи. Широко применяют при строительных работах временное понижение уровня грунтовых вод с помощью передвижных водопонижающих установок, отсасывающих воду иглофильтрами. Сначала с помощью системы иглофильтров понижают уровень грунтовых вод, а потом роют траншею (рис. 3.7).

В дальнейшем все работы проводят так же, как и без применения водопонижающих установок. После окончания работ по укладке дренажа и засыпке траншей иглофильтры извлекают экскаватором.

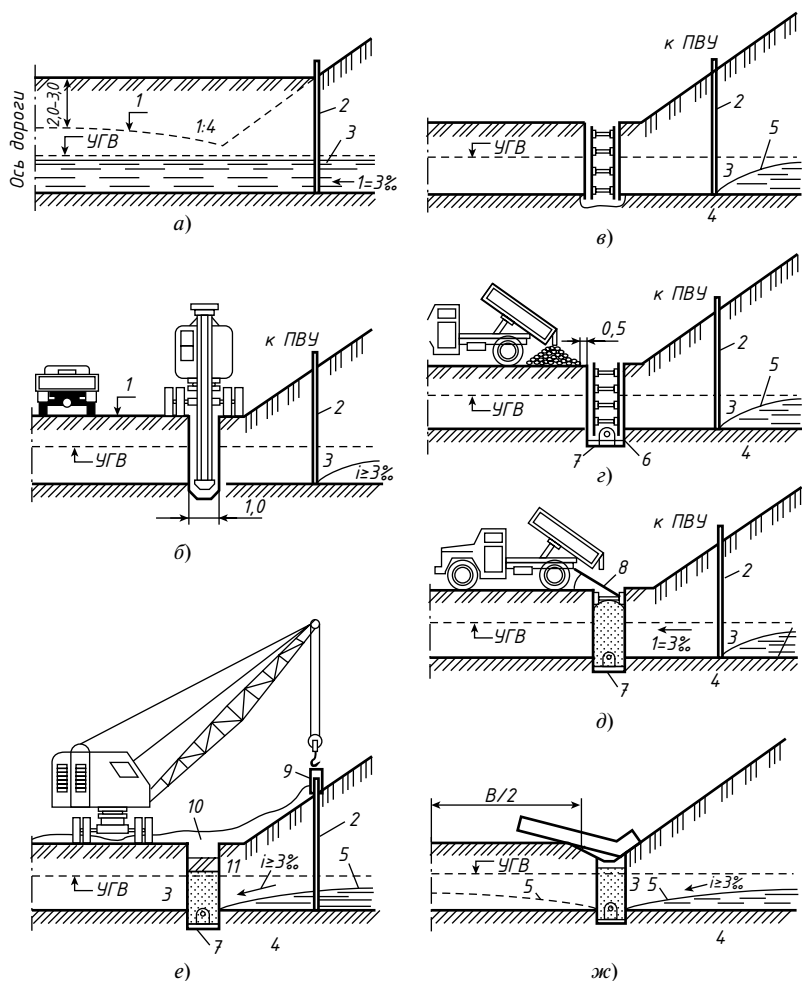


Рис. 3.7. Последовательность прокладки дренажа

для понижения уровня грунтовых вод в выемке:

a — установка иглофильтров; *б* — рытье траншей экскаватором с погрузкой грунта в автомобили; *в* — установка инвентарных креплений; *г* — устройство основания и укладка на него фильтровых труб; *д* — засыпка траншей песком с разборкой креплений и уплотнением песка; *е* — устройство изолирующего слоя; *жс* — устройство боковой канавы или лотка автогрейдером; *1* — проектная отметка земляного полотна; *2* — иглофильтры; *3* — водоносный слой; *4* — водоупор; *5* — депрессионная кривая; *6* — фильтровая труба; *7* — гравийное или грунтощебеночное основание; *8* — лоток для направления высыпаемого песка; *9* — выдергиватель; *10* — кабель от передвижной электростанции; *11* — замок из глинистого грунта; УГВ — уровень грунтовых вод

3.4. Строительство водонепроницаемых и капилляропрерывающих слоев

При расположении дороги на местности II и III типа увлажнения для исключения возможного переувлажнения верхней части земляного полотна и дорожной одежды за счет поднятия парообразной и капиллярной воды укладывают водонепроницаемые слои. Они необходимы в насыпях, возвышение бровок которых над расчетным уровнем грунтовых и поверхностных вод недостаточно, чтобы выдержать установленные нормы возвышения низа дорожной одежды (рис. 3.8).

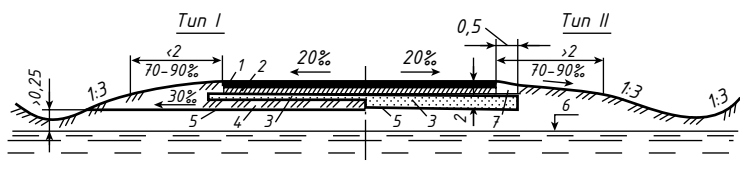


Рис. 3.8. Конструкция паронепроницаемых слоев:

1 — покрытие; 2 — основание; 3 — песчаный грунт с коэффициентом фильтрации 2 м/сут.; 4 — грунт земляного полотна; 5 — паронепроницаемая прослойка; 6 — уровень грунтовых вод; 7 — краевая полоса

Водопаронепроницаемые слои укладывают на всю ширину земляного полотна или в целях экономии материалов на ширину проезжей части с превышением ее с каждой стороны на 0,5 м. Водонепроницаемые слои устраняют доступ влаги в любом ее виде к дорожной одежде.

В настоящее время наилучшее решение — это расстилка синтетической пленки из полиэтилена высокого давления. Полимерные пленки имеют ширину полотна от 2,4 до 12 м и толщину от 0,1 до 2 мм. Чем шире пленка, тем меньше трудовые затраты на сварку или склейку полотнищ и выше качество. Чем больше толщина пленки, тем она надежнее.

Подготовительной работой является заготовка полотнищ пленок, сварка или склеивание их швов. Подготовленные полотнища укладывают на спланированное земляное полотно свободно, без натяжения. Уложенная площадь должна быть такой, чтобы в течение смены все полотнища были перекрыты грунтом. Грунт или дренирующий материал распределяют поверх пленки надвиганием бульдозерами из куч, высланных автомобилями-самосвалами на край уже разровненного грунта или на обочины. Бульдозер перемещает грунт, работая «от себя», чтобы не повредить пленку.

Рабочие операции по строительству водонепроницаемого слоя с применением синтетической пленки включают планировку и уплотнение земляного полотна, распределение полотнищ синтетической пленки, доставку грунта для изоляционного слоя, надвижку грунта на пленку, уплотнение грунта и строительство последующих слоев дорожной одежды.

Как разновидность водонепроницаемых слоев применяют строительство слоя верхней части грунта в обойме из водонепроницаемого материала или из синтетической пленки (рис. 3.9).

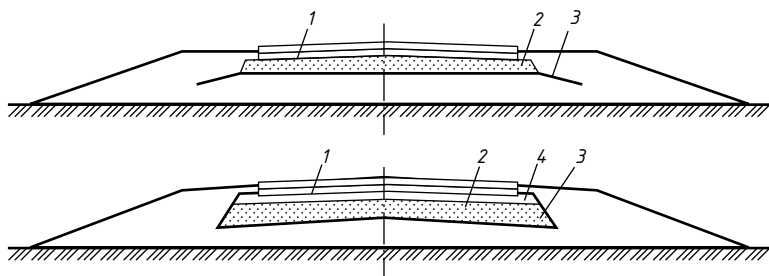


Рис. 3.9. Схема отделения дорожной одежды от земляного полотна синтетической пленкой:

1 — дорожное покрытие; 2 — дополнительный слой основания из пылевого песка или супесчаного грунта; 3 — синтетическая пленка; 4 — основание

Другим способом ограничения избыточного увлажнения грунта земляного полотна является строительство капилляропрерывающих слоев.

Капилляропрерывающие слои (рис. 3.10) располагают в насыпях на всю их ширину на глубине, считая от бровки, равной 1 м. Назначение этих слоев — создать преграду для подъема капиллярной воды. Капилляропрерывающие слои состоят из основного слоя крупного гравия, щебня или шлака (размером более 5...10 мм), не способного к поднятию в нем капиллярной воды. Особенно важно строительство капилляропрерывающих слоев в насыпях, располагаемых на засоленных грунтах. Снизу и сверху капилляропрерывающих слоев располагаются противозаиливающие слои.

Строительство капилляропрерывающих слоев состоит из следующих технологических процессов: подготовки поверхности насыпи путем ее планировки с поперечным уклоном не менее 30‰ и уплотнения верхнего слоя (30...40 см) до максимальной плотности; строительства нижнего противозаиливающего слоя путем укладки полотен

геотекстиля на всю ширину земляного полотна; россыпи капиллярор-
прерывающих материалов; строительства верхнего противозаиливаю-
щего слоя путем раскладки полотен геотекстиля; россыпи слоя грунта
для верхней части насыпи; уплотнения всего капиллярорпрерывающе-
го слоя сначала легкими, затем тяжелыми катками.

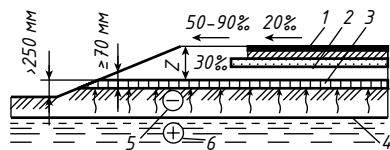


Рис. 3.10. Капиллярорпрерывающая прослойка:

1 — дорожная одежда; 2 — грунт земляного полотна; 3 — капиллярорпрерывающая прослойка; 4 — уровень грунтовых вод; 5 — зона капиллярной воды; 6 — зона свободной воды; z — глубина заложения прослойки

После окончания работ по строительству капиллярорпрерывающего слоя поверх него продолжают отсыпку грунта для верхней части земляного полотна.

В результате строительства водонепроницаемых слоев достигают сохранения грунтов в верхней части земляного полотна с допустимой влажностью. Это предохраняет дорожную одежду от пучинообразования. За счет повышения модуля упругости грунта верхнего слоя можно снижать толщину дорогостоящих слоев дорожной одежды.

ГЛАВА 4. ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ И РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК В НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ

4.1. Способы отсыпки насыпей и разработки выемок

Возведение насыпей состоит из последовательной укладки и уплотнения грунта. Доставленный на место строительства насыпи грунт укладывают в определенном порядке в зависимости от рельефа местности, конструкции земляного полотна, источников получения грунта и применяемых машин. Последовательно укладывая слои грунта один на другой, доводят насыпь до нужной высоты (проектной отметки). Такой способ возведения насыпи называют способом *последойной отсыпки* (рис. 4.1, а).

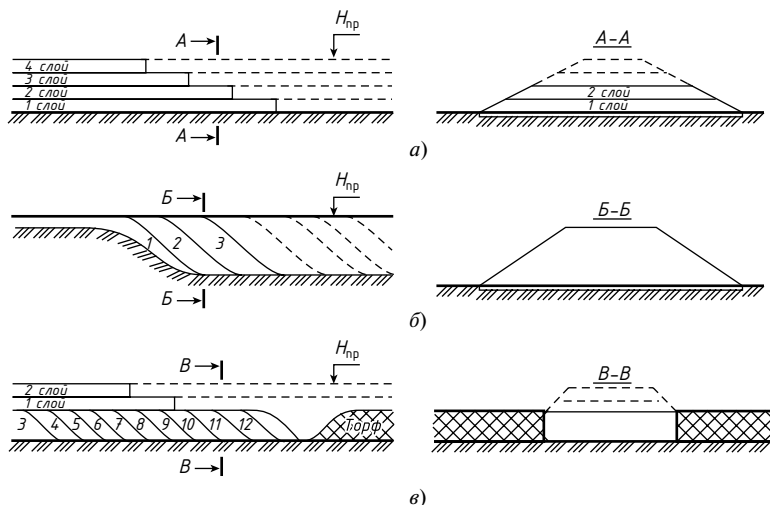


Рис. 4.1. Способы отсыпки насыпей:

а — последойной отсыпки; б — «с головы»; в — комбинированный

Послойная отсыпка насыпи позволяет в отдельных слоях применять разные грунты и достигать требуемого уплотнения по всей высоте насыпи. При послойном способе отсыпки основные работы ведут на двух участках одинаковой длины — на одном укладывают слой

грунта, на другом уплотняют. Затем эти операции меняются местами, и так происходит до полной отсыпки насыпи. Длину участков работы принимают такой, чтобы в течение смены закончить отсыпку всех слоев полностью.

При возведении земляного полотна на участках пересечения болота или оврага с крутыми склонами произвести послойную укладку грунта становится невозможно. В таких случаях применяют способ *отсыпки насыпи «с головы»* (см. рис. 4.1, б). При этом способе насыпь сразу отсыпают до проектной отметки, а наращивание ее происходит вдоль трассы непрерывно до тех пор, пока не закончится участок насыпи, пересекающий болото или овраг. Основным недостатком этого способа является трудность обеспечения необходимой плотности грунта по всей высоте насыпи. Окончательное уплотнение происходит в результате постепенной осадки насыпи под действием собственной массы грунта и проезжающих автомобилей. Чтобы уменьшить недостатки этого способа, применяют так называемый *комбинированный способ отсыпки насыпи* (см. рис. 4.1, в). Сущность его состоит в том, что нижнюю ее часть от минерального дна до поверхности болота отсыпают по способу «с головы», а верхнюю — послойно.

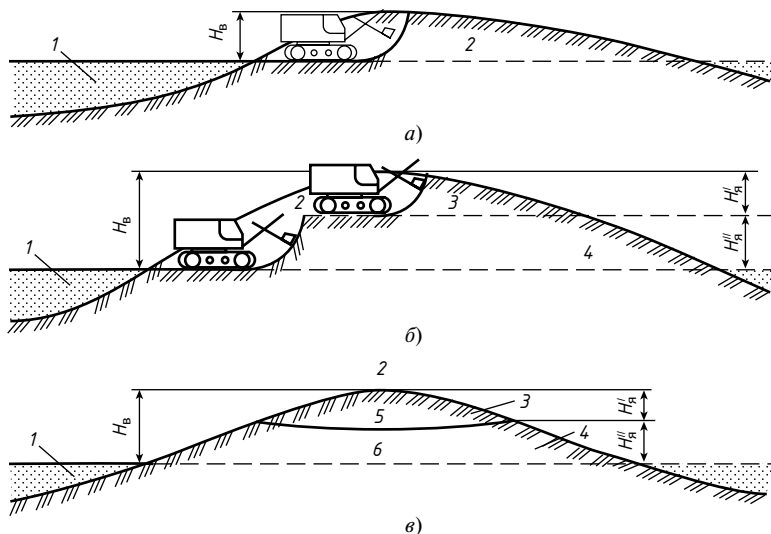


Рис. 4.2. Способы разработки выемок:

а — лобовой способ; *б* — способ ярусной разработки; *в* — условия применения способа ярусной разработки; 1 — насыпь; 2 — выемка; 3 — I ярус; 4 — II ярус;

5 — супесчаный грунт; 6 — суглинок; H_b — глубина выемки; $H_{я}^I$ и

$H_{я}^{II}$ — соответственно глубина I и II ярусов

Выемки неглубокие (до 6 м) при однородных грунтах разрабатывают экскаваторами сразу до проектных отметок. Такой способ разработки называют *лобовым* (рис. 4.2, а). Если выемку разрабатывают не сразу на полную глубину, а постепенно — по частям, то способ носит название *ярусной разработки* (см. рис. 4.2, б). Его применяют при глубоких выемках, когда максимальная высота забоя для экскаватора меньше глубины выемки, при наличии разных грунтовых слоев и при некоторых других условиях (см. рис. 4.2, в).

Разработку выемки можно вести в поперечном и продольном направлениях. Первый способ применяют при коротких выемках, второй — при длинных.

4.2. Возведение насыпей из грунта выемок или грунтовых карьеров

Грунты, получаемые при разработке выемок, используют для возведения насыпей. Только в редких случаях эти грунты перемещают в отвалы. Такое положение бывает при строительстве дорог в горных условиях. Иногда грунт оказывается не пригодным для насыпей из-за избытка влажности или неблагоприятного гранулометрического или минералогического состава. Но в большинстве случаев приходится изыскивать источники грунта для насыпей, так как в условиях равнины или слабопересеченной местности выемок меньше, чем насыпей.

Таковыми источниками являются грунтовые карьеры, расположенные на различных расстояниях от строящейся дороги. Для выполнения основных работ применяют скреперы, экскаваторы и фронтальные погрузчики в сочетании с транспортными средствами. Выбор машин зависит от условий производства работ: вида и состояния грунтов, расстояний перевозки, сроков и объемов работ, наличного парка машин. Скреперы могут быть экономичнее одноковшовых экскаваторов, работающих с автомобилями-самосвалами, как правило, при транспортировании грунта на расстояние до 1,5...2,0 км.

Эти предварительные соображения надо рассматривать как ориентировочные, потому что на стоимость земляных работ влияют и многие другие факторы. В связи с этим при выборе оптимальных вариантов ведущих машин всесторонне анализируют конкретные условия и принимают решения на основании технико-экономических расчетов, учитывающих всю совокупность влияющих факторов.

Разработка выемок и отсыпка смежных насыпей бульдозерами

Бульдозеры по мощности и тяговому усилию подразделяют на группы: сверхтяжелые — тяговое усилие — от 150 до 250 кН; тяжелые — от 100 до 150 кН; средние — от 50 до 100 кН; легкие — от 2,5 до 50 кН; малогабаритные — 2,5 кН.

Рабочий цикл бульдозера при возведении земляного полотна состоит из резания грунта, его перемещения, укладки и обратного холостого хода бульдозера в забой.

Резание грунта выполняют заглублением отвала в грунт в соответствии с примерами на рис. 4.3. Увеличение тягового усилия при работе под уклон позволяет вести резание грунта более мощной ленточной или клиновой стружкой. Объем грунта перед отвалом увеличивается не менее чем на 50%. Бульдозер может работать на участках с уклоном до 30%, двигаясь при резании грунта сверху вниз и поднимаясь в гору задним ходом. На операции по зарезанию и набору грунта затрачивается 12...18 с.

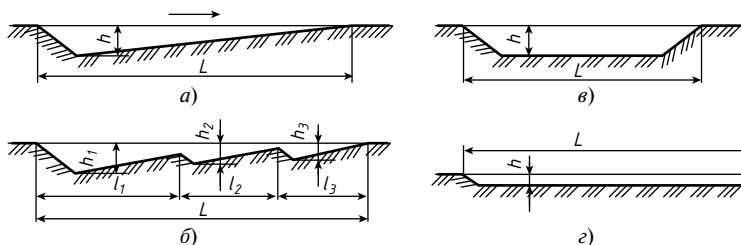


Рис. 4.3. Форма стружек грунта, срезаемых бульдозером при работе в различных условиях (стрелкой показано направление движения бульдозера)

Перемещение грунта к месту укладки начинается сразу же по окончании набора его перед отвалом. При перемещении грунт ссыпается по краям отвала, что вызывает значительные потери. Для уменьшения потерь при перемещении грунта применяют два способа: по траншее в грунте естественного состояния; по траншее, образованной из валов грунта, осыпавшегося во время предыдущих проходов бульдозера. Для получения траншей в грунте зарезание выполняют бульдозером по одному и тому же следу несколько раз. Объем грунта, перемещаемого по траншее за один проход бульдозера, увеличивается в среднем на 20%. Когда траншею в грунте получить невозможно (сыпучие песчаные или сухие насыпные грунты), грунт перемещают по одно-

му и тому же следу несколько раз, в результате чего из осыпавшегося по краям отвала грунта образуются валы, между которыми получается траншея. Высота валов при этом может достигнуть 40...60 см, что в дальнейшем почти полностью исключает потери грунта во время перемещения его в пределах траншеи. Основным объемом земляных работ, на которых используют бульдозеры (до 60%), выполняют траншейным способом.

Для уменьшения потери грунта отвал бульдозера оборудуют открылками, которые позволяют значительно увеличить объем грунта, перемещаемого перед отвалом за один цикл, а это дает возможность примерно в 1,5 раза повысить производительность бульдозера. Применение козырьков исключает возможность пересыпания грунта через верх отвала. К недостаткам бульдозеров, отвалы которых оборудованы открылками и другими уширителями, относят уменьшение их маневренности.

Укладку перемещаемого грунта выполняют различными способами. Наиболее распространенные способы послойного распределения показаны на рис. 4.4. При укладке грунта отвал бульдозера во время движения поднимают на высоту 15...20 см и грунт распределяется ровным слоем соответствующей толщины. Способ называется укладкой «от себя» (см. рис. 4.4, а).

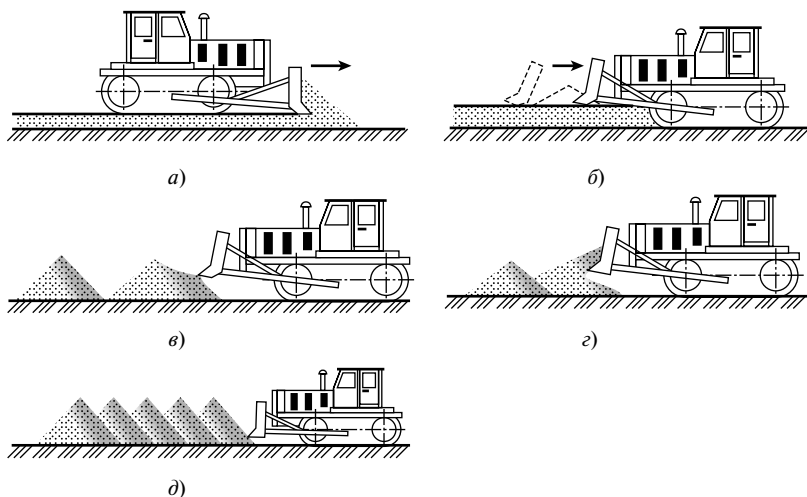


Рис. 4.4. Схема укладки грунта бульдозером

При другом способе послойного распределения машинист, доставив грунт к месту укладки и не останавливая бульдозер, быстро под-

нимает отвал и на 1,0...1,5 м продвигается вперед с поднятым отвалом, после этого останавливает машину, опускает отвал на грунт, включает заднюю передачу и, двигаясь задним ходом, тыльной стороной отвала разравнивает доставленный грунт (см. рис. 4.4, б). Этот способ называется *укладкой «на себя»*.

Для распределения грунта более толстыми слоями применяют другие способы распределения грунта. Вначале доставленный грунт оставляют в виде отдельных куч, расположенных на определенном расстоянии друг от друга (см. рис. 4.4, в), а затем поднятым на нужную высоту отвалом бульдозера производят распределение грунта слоем требуемой толщины.

При укладке грунта отдельными кучами высота их равна примерно 0,6...0,7 м, а расстояние между ними такое, что подошвы их откосов касаются друг друга. После разравнивания получается слой толщиной 0,25...0,3 м. При укладке грунта *«вполуприжим»* (см. рис. 4.4, г) высота кучи равна 0,7...0,9 м; после их разравнивания получается слой толщиной 0,4...0,6 м.

При укладке грунта *«вприжим»* (см. рис. 4.4, д) высота куч достигает 1,0...1,2 м; после их разравнивания получается слой толщиной до 0,6...0,8 м.

После завершения операции по освобождению отвала от грунта машинист возвращает бульдозер в исходное положение. В зависимости от дальности перемещения грунта машина возвращается в исходное положение задним ходом (без разворота машины) или передним (с разворотом машины). При перемещении грунта на расстояние менее чем 50 м холостой ход бульдозера выполняют задним ходом.

При разработке неглубоких выемок (примерно до 6 м) из полученного грунта возводят небольшие участки прилегающих насыпей. В этом случае расстояния перемещения грунта не превышают 100 м, в связи с чем для таких работ применяют бульдозеры. Разработку выемки ведут ярусно-траншейным способом. При перемещении грунта на расстояние больше 20...25 м применяют схему с промежуточными валами. Возведение насыпей осуществляют преимущественно послойным способом. Укладку грунта в каждом слое начинают с наиболее отдаленной части насыпи от краев к середине. Работы ведут в основном на двух рабочих частях захватки — на одной укладывают грунт, на второй его уплотняют.

Разработку каждого яруса и каждой траншеи начинают с ближней к насыпи выемки и перемещают в дальний конец отсыпаемого слоя насыпи. Перемычки между траншеями срезают после разработки каж-

дого яруса начиная с дальнего от насыпи участка движением бульдозера под углом с последующим перемещением грунта по выработанной траншее.

При дальности перемещения грунта бульдозером с отвалом без боковых открылков на расстояние более 25 м резко возрастают потери грунта в пути. В таких случаях рекомендуют последовательно перемещать грунт с образованием промежуточных накопительных валов, в которых бульдозер может осуществлять полный набор грунта для дальнейшего перемещения.

Каждый отсыпaeмый слой насыпи выравнивают автогрейдером. К концу смены должен быть полностью отсыпан, выровнен и уплотнен слой грунта по всему поперечному сечению и на всей длине захватки. Это необходимо для обеспечения стока воды в случае выпадения атмосферных осадков. Толщина отсыпaeмого слоя зависит от типа уплотняемой машины.

Возведение насыпей, разработка выемок и грунтовых карьеров скреперами

Скреперы предназначены для разработки и транспортирования грунта на сравнительно большие расстояния. В настоящее время выпускают несколько моделей скреперов, которые различаются по способу тяги, объему ковша (от 4,5 до 25 м³), типу управления, способу загрузки и разгрузки и некоторым другим показателям.

Прицепные скреперы работают в агрегате с базовыми гусеничными или пневмоколесными тракторами. Их используют при дальности транспортирования от 100 до 500 м. При больших расстояниях транспортирования прицепные скреперы уступают по рентабельности самоходным, а также автомобилям-самосвалам, загружаемым экскаваторами или фронтальными погрузчиками.

Полуприцепные (самоходные) скреперы работают в агрегате с базовыми быстроходными пневмоколесными тягачами. Их используют при дальности транспортирования от 300 до 3000 м.

Скреперы применяют преимущественно для разработки сравнительно легких грунтов. Плотные грунты требуют предварительного рыхления. Скреперы не могут быть использованы на заболоченных участках, при переувлажнении глинистых грунтов, в сыпучих песках и при грунтах с включениями крупных камней.

Зарезание грунта скреперами осуществляют несколькими способами (рис. 4.5).

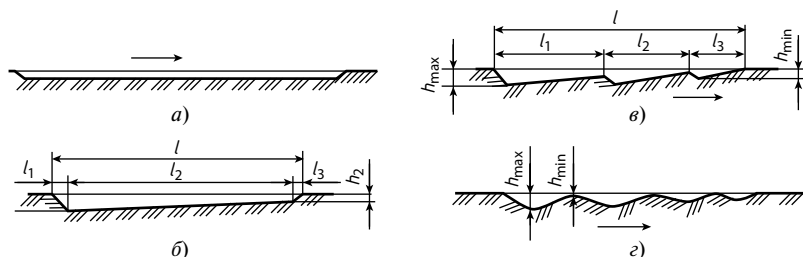


Рис. 4.5. Способы резания грунтов скрепером
(стрелкой показано направление движения скрепера):
а — плотных грунтов; б — рыхлых;
в — средней плотности; г — песчаных

Ковш скрепера наполняют при прямолинейном движении, стремясь срезать грунт наиболее толстой стружкой. Это создает лучшие условия для заполнения ковша. Длина пути наполнения — 15...25 м. Целесообразно набор грунта осуществлять при движении под уклон 3...6°, однако следует иметь в виду, что при большем уклоне грунт поступает в ковш не полностью, затрудняя работу скрепера.

При сухих песчаных грунтах их увлажняют или выполняют набор при движении на подъем до 3°.

Разработку грунта в выемках или грунтовых карьерах проводят в определенной последовательности по шахматно-гребенчатой (рис. 4.6) или ребристо-шахматной схеме.

Зарезание грунта по шахматно-гребенчатой схеме выполняют волнообразно с попеременным заглублением ковша. Для получения более ровного забоя каждое последующее резание грунта производят на одной и той же полосе с перекрытием гребней, для чего каждый следующий набор грунта начинают, отступив на 2...3 м от начала предыдущего.

В плотных неразрыхленных грунтах применяют ребристо-шахматную схему набора, которая обеспечивает хорошее наполнение ковша. Для лучшего наполнения ковша скрепера применяют рыхление плотных грунтов и производят резание с помощью тракторов-толкачей. В качестве толкачей применяют гусеничные тракторы, оборудованные специальными устройствами, или бульдозеры на гусеничных тракторах. Иногда тракторы-толкачи применяют при транспортировании на труднопроходимых участках.

Грунт рыхлят на толщину снимаемой стружки, избегая его измельчения, так как это ухудшает наполнение ковша.

Эффективность работы скреперов зависит от подготовки и состояния грунтовой поверхности, которая должна обеспечить возможность движения со скоростью до 10 км/ч.

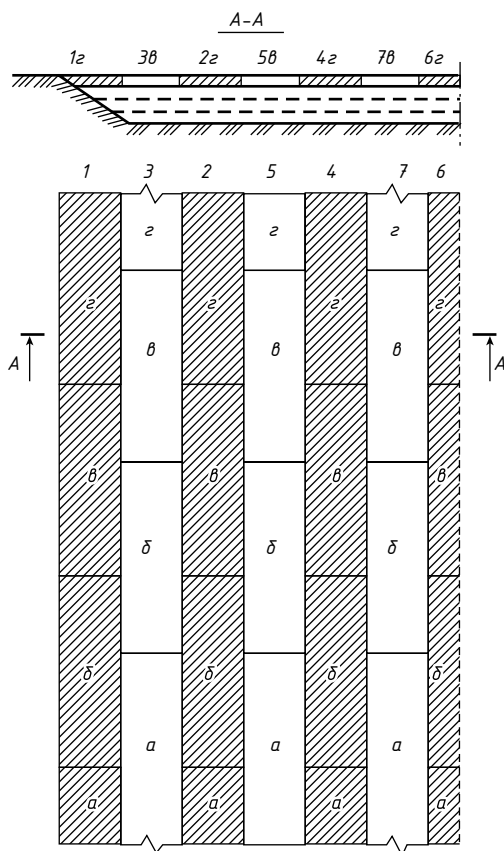


Рис. 4.6. Шахматно-гребенчатая схема зарезания грунта скрепером:

$a - z$ — последовательность зарезания грунта на каждой полосе; 1...7 — последовательность разработки полос

Подъездные пути прокладывают с учетом движения груженого скрепера на подъем с уклонами — до 150‰, на спуск — до 200‰, с поперечным уклоном — до 100‰, для движения порожняком соответственно до 200‰ на подъем и до 300‰ на спуск, с поперечным уклоном — до 120‰. В обоих направлениях радиусы закругления не меньше 15...20 м.

При движения порожних скреперов их можно использовать для выравнивания и планировки землевозных путей.

Разгрузку скреперов производят на ходу при прямолинейном движении с малой скоростью (3...4 км/ч). Разгрузка позволяет производить послойную укладку грунта. Кромку ножа скрепера устанавливают на уровне, обеспечивающем требуемую толщину слоя грунта.

Работы по сооружению земляного полотна организуют таким образом, чтобы осуществлять загрузку и движение груженых машин вниз под уклон. Разработку выемок ведут в одну смежную насыпь или одновременно в две насыпи; во втором случае движение скреперов происходит сквозное, без разворотов в выемке. При близком расположении двух выемок в насыпи между ними можно вести разработку обеих выемок, одновременно перемещая грунт в одну насыпь.

Забой для набора грунта должен быть достаточной длины для полного наполнения, а путь движения скрепера — кратчайшим, без крутых поворотов, особенно для груженого скрепера.

Производительность работы скреперов

$$\Pi = \frac{3600TqK_nK_b}{t_{\text{ц}}K_p},$$

где T — продолжительность рабочей смены, ч; q — вместимость ковша скрепера, м³; K_n — коэффициент наполнения ковша (0,8...1,2); K_b — коэффициент использования времени (0,85...0,90); K_p — коэффициент разрыхления грунта (1,1...1,5); $t_{\text{ц}}$ — продолжительность рабочего цикла, с; ($t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$), где t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 — соответственно продолжительность: набора грунта, перемещения к месту укладки, разгрузки грунта из ковша, перемещения к месту загрузки, переключений передач (в среднем принимают 60 с).

Насыпи отсыпают параллельными полосами при движении скрепера вдоль оси дороги от краев к середине.

Технологические процессы по разработке выемки из карьера и возведению насыпи состоят из следующих операций:

- подготовка основания насыпи и площади выемки или карьера — удаление растительного грунта бульдозерами или скреперами и перемещение его на склад;
- уплотнение естественного основания насыпи катками или другими машинами для уплотнения грунта;
- рыхление грунта (если грунты плотные) в выемке или карьере рыхлителем послойно по мере разработки грунта;

- разработка грунта в выемке или грунтовом карьере скреперами с применением толкача, транспортирование к насыпи и распределение слоем проектной толщины;
- послойное разравнивание грунта в насыпи автогрейдером; в сухую погоду, когда влажность грунта, получаемого в карьере или выемке, ниже оптимальной, грунт необходимо увлажнить;
- послойное уплотнение грунта насыпи катками или другими машинами для уплотнения грунта;
- планировка верхней части насыпи и откосов насыпи и выемки.

При планировке в зависимости от величины и крутизны откосов применяют бульдозеры, автогрейдеры, экскаваторы с телескопической стрелой или специальным оборудованием для планировки.

Кроме перечисленных основных технологических процессов выполняют работы по устройству и планировке землевозных путей, укреплению откосов и рекультивации земель.

Разработка выемок и грунтовых карьеров экскаваторами. Возведение насыпей

При возведении земляного полотна автомобильных дорог применяют экскаваторы, которые различают по назначению, типу рабочего оборудования, объему ковшей, типу ходового устройства, степени ограничения поворотного движения рабочего оборудования.

Выбор типа экскаватора, его модели и вида рабочего оборудования производят исходя из грунтовых и климатических условий, объемов и сроков работ, условий транспортирования грунта и некоторых других факторов.

Наиболее производительные роторные экскаваторы применяют при больших сосредоточенных работах (объем на объекте более 20 тыс. м³). Одноковшовые экскаваторы применяют преимущественно для разработки тяжелых грунтов — разрыхленных скальных пород, неоднородных грунтов с включениями очень плотных глинистых грунтов при условиях, неблагоприятных для применения скреперов, бульдозеров или других землеройных машин.

Экскаваторы на гусеничном ходу применяют на сосредоточенных работах, когда не требуются частые перебазировки, при слабых основаниях, при разработке скальных грунтов, где пневматические шины быстро выходят из строя. Экскаваторы на пневмоколесном ходу целесообразно применять при грунтах с достаточной несущей способностью на рассредоточенных работах.

Основные объемы работ выполняют экскаваторами с оборудованием «прямая лопата», драглайн и «обратная лопата» используются меньше. Драглайн применяют при необходимости разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора, когда работа с подошвы забоя затруднена из-за наличия грунтовых вод или по другим причинам, при возведении насыпей из боковых резервов и при разработке выемок с отвалом грунта. Обратную лопату применяют главным образом при разработке траншей и котлованов под фундаменты.

Экскаваторы выбирают исходя из объемов работ на объекте и их производительности. Транспортирование грунта, как правило, выполняют автомобилями-самосвалами или прицепными землевозными тележками. Иногда грунт транспортируют ленточными звеньевыми транспортерами длиной 200...300 м. Землевозные тележки применяют преимущественно при небольших расстояниях транспортирования (1...3 км). Выбор транспортных средств зависит от производительности и вместимости ковша экскаватора и расстояния транспортирования грунта.

Производительность одноковшовых экскаваторов

$$\Pi = \frac{3600TVK_n K_v}{t_{\text{ц}} K_p},$$

где T — продолжительность смены, ч (при пятидневной неделе принимается 8,2 ч); V — объем ковша экскаватора, м³; K_n — коэффициент наполнения ковша; K_v — коэффициент использования времени; $t_{\text{ц}}$ — продолжительность рабочего цикла экскаватора; K_p — коэффициент разрыхления грунта.

Производство работ при применении экскаваторов с оборудованием «прямая лопата»

Разработку выемки экскаватором «прямая лопата» производят: боковым забоем, когда транспортные средства размещают сбоку экскаватора (рис. 4.7, а); лобовым забоем, когда экскаватор разрабатывает траншею, а грунт выгружает в транспортные средства, размещенные сзади экскаватора на дне этой траншеи в одном с ним уровне (см. рис. 4.7, б).

Разработка боковым забоем предпочтительнее, так как обеспечиваются лучшие условия для подъезда и погрузки транспортных средств, уменьшается угол поворота экскаватора, что способствует более производительной работе машин.

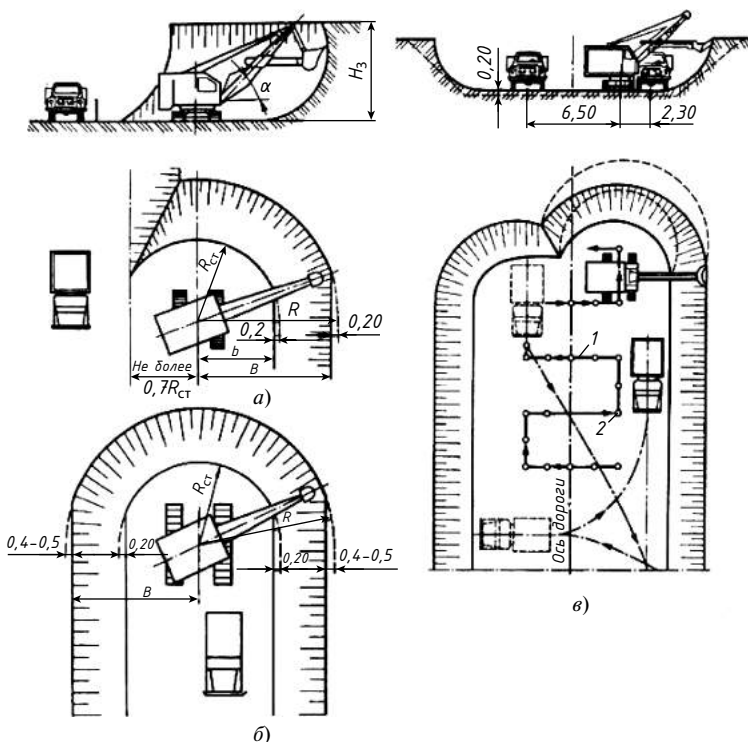


Рис. 4.7. Схема разработки выемки:

a — боковым забоем; *б* — лобовым забоем; *в* — уширенным забоем;
 1 — траектория перемещения экскаватора; 2 — места стоянок экскаватора

Разработку лобовым забоем применяют при необходимости. Так разрабатывают первую проходку каждого яруса или карьера, если не применяют метод, при котором вначале устраивают пионерную траншею. Лобовым забоем разрабатывают неглубокие короткие выемки, если работу можно выполнить за одну проходку экскаватора. Работа в более широких лобовых забоях (см. рис. 4.7, *в*) способствует уменьшению угла поворота экскаватора и повышению его производительности, улучшает маневренность автомобилей-самосвалов.

Размеры забоев определяют рабочими размерами применяемых моделей экскаваторов. Наибольшее расстояние B от оси экскаватора до бокового откоса забоя следует принимать на 0,5 м меньше наибольшего радиуса резания R , чтобы не оставалось недоработанного грунта. Наибольшее расстояние b от оси экскаватора до подошвы забоя при-

нимают на 0,2 м меньше радиуса резания $R_{\text{ст}}$ на уровне стоянки экскаватора.

В боковом забое с погрузкой грунта в транспортные средства, располагаемые на уровне стоянки экскаватора, расстояние от оси экскаватора до подошвы откоса не должно превышать $(0,5 \dots 0,7) R_{\text{ст}}$ на уровне стоянки экскаватора.

Наименьшая высота забоя для одноковшового экскаватора должна быть такой, чтобы обеспечить наполнение ковша. Для повышения производительности работы экскаватора целесообразно назначать высоту забоя, равную наибольшей высоте резания экскаватора.

Выемки небольшой глубины и ширины разрабатывают в основном за одну проходку экскаватора. При большой глубине и ширине выемки разработку ее ведут несколькими проходками. Сечение забоя проходок должно соответствовать рабочим параметрам применяемого экскаватора. По численным значениям этих параметров для выбранного экскаватора вычерчивают сечение забоя и по нему разбивают поперечник выемки на проходки. Расчет ведут по наибольшей глубине выемки. Проходки с минимальной глубиной назначают для верхнего яруса, где они самые короткие. Разработку первых (пионерных) траншей производят лобовым забоем нормальной ширины или уширенным. Разработку неглубоких пионерных траншей для создания погрузочной площадки можно вести бульдозером или скрепером с перемещением грунта в отвал. Ширину таких пионерных траншей по низу принимают не менее 4 м. Подошвы каждого яруса (уступа), кроме последнего, должны иметь уклон 20% в сторону начала разработки для обеспечения отвода воды. Подошва последнего яруса (уступа) должна иметь проектный уклон.

Производство работ при применении экскаваторов-драглайнов

Разработку выемок или грунтовых карьеров экскаваторами-драглайнами ведут двумя способами: проходками с торцевым (лобовым) забоем, когда экскаватор перемещается в пределах разрабатываемой им полосы; проходками с боковым забоем, когда экскаватор перемещается за пределами разрабатываемой им полосы.

По сравнению с боковым забоем торцовый имеет преимущество, так как за одну проходку дает возможность разрабатывать грунт на полосе шириной, почти равной удвоенному наибольшему радиусу резания. Глубина торцевого забоя может быть значительно больше глубины бокового забоя.

Разработку грунта драглайном осуществляют ниже уровня стоянки экскаватора с выгрузкой в отвал или в транспортные средства, которые подают по верху или по дну выемки. При разработке выемок и грунто-вых карьеров экскаваторами-драглайнами целесообразно применять челночный способ погрузки грунта, когда транспортные средства подают по дну выемки или карьера.

Разработку выемки осуществляют с недобором грунта до проектного очертания выемки на 20...30 см. Срезку недоборов производят бульдозерами, автогрейдерами или экскаваторами-планировщиками. Срезанный грунт вывозят в соседние насыпи. Одновременно со срезкой недобора грунта устраивают водоотводные каналы в выемках.

Производство работ при применении роторных экскаваторов

Разработку грунта роторными экскаваторами производят главным образом торцевым (лобовым) забоем.

Распространены два способа разработки забоя — горизонтальными и вертикальными многорядными стружками.

Ввод экскаваторов в забой заранее подготавливают бульдозером. Ширину и глубину проходок при разработке выемок определяют исходя из их рабочих отметок. При этом проходки назначают так, чтобы получить максимальную производительность работы экскаватора и транспортных средств. При разработке выемок и карьеров ширина первой проходки должна быть не менее 12 м в целях установки двух автомобилей-самосвалов рядом друг с другом и возможности маневрирования их на дне забоя при установке под погрузку.

Автомобили-самосвалы устанавливают под погрузку сзади экскаватора на одном уровне с ним. Их работу организуют так, чтобы к моменту окончания погрузки одного автомобиля-самосвала с ним рядом и по возможности ближе к нему устанавливался второй, для загрузки которого стрелу отвального транспортера поворачивают в его сторону и устанавливают над кузовом.

Применение одноковшовых экскаваторов с погрузочным оборудованием

В последние годы все большее применение в строительстве находят одноковшовые экскаваторы с погрузочным рабочим оборудованием, достоинством которых является возможность наполнения ковша повышенной вместимости, превосходящей в 2...2,5 раза вместимость

«прямой лопаты». Экскаваторы с погрузочным оборудованием успешно используют для разработки и погрузки грунта в забоях высотой до 2,5 м, при планировке больших площадей, для снятия и погрузки в автомобили растительного слоя, зачистки дна крупных котлованов. Применение таких машин вместо комплекта, состоящего из экскаватора и бульдозера, позволяет значительно снизить трудоемкость и стоимость работ за счет повышения производительности и исключения использования бульдозера.

Применение погрузчиков для разработки выемок и грунтовых карьеров

Одноковшовые фронтальные погрузчики производительны, мобильны и универсальны, а также наиболее надежны и недороги в эксплуатации. Погрузчики выпускают серийно на пневмоколесном и гусеничном ходу грузоподъемностью до 5...10 т. Время рабочего цикла одноковшовых погрузчиков приблизительно равно времени цикла одноковшовых полноповоротных экскаваторов. Стоимость погрузки сыпучих материалов одноковшовыми фронтальными погрузчиками равна или меньше стоимости выполнения этой работы экскаваторами.

Трудоемкость погрузочно-разгрузочных работ, выполняемых большегрузными погрузчиками при равной производительности, в 1,5...2 раза меньше трудоемкости тех же работ, выполняемых экскаваторами.

Одноковшовые фронтальные погрузчики служат для послойной разработки грунта с погрузкой его в транспортные средства или с перемещением в отвал. Грунты I—III группы разрабатывают непосредственно погрузчиками, а IV группы — с предварительным рыхлением.

Эффективность одноковшовых погрузчиков как землеройно-транспортных машин ограничена дальностью перемещения грунта на расстояние до 130...150 м, при больших расстояниях целесообразно применять транспортные средства.

Погрузчик вначале заполняет ковш грунтом, затем подъезжает к транспортным средствам и разгружает ковш. После разгрузки ковша цикл повторяют. При выборе погрузчиков и транспортных средств учитывают их конструктивные особенности и размерные параметры (колесную гусеничную базу, габариты по длине, высоте, величину заглубления оголовка стрелы, наибольшую высоту разгрузки, вылет кромки ковша при наибольшей высоте разгрузки).

Наибольшая высота разгрузки для применяемого погрузчика

$$H = H_1 + \Delta H_1,$$

где ΔH_1 принимают равным 0,2 ширины ковша.

Вылет кромки ковша

$$L = \frac{1}{3} B + l_2,$$

где l_2 — расстояние от торцевой поверхности колеса автомобиля-самосвала до стенки кузова.

При выборе погрузчика, работающего в комплексе с транспортными средствами, их увязывают по следующим основным эксплуатационно-технологическим параметрам: грузоподъемности q_n и q_t , вместимости ковша и кузова V_n и V_t , ширине ковша B_n и длине кузова l_t , наибольшей высоте разгрузки ковша H и высоте бортов H_1 , вылету кромки ковша L и габаритной ширине транспортного средства B .

Число ковшей, необходимых для загрузки кузова транспортных средств

$$n = \frac{q_t K_p}{V_n K_n \delta},$$

где q_t — грузоподъемность транспортного средства, т; K_p — коэффициент разрыхления грунта; V_n — вместимость ковша погрузчика, м³; K_n — коэффициент наполнения ковша погрузчика; δ — плотность грунта, т/м³.

Рациональным соотношением между объемом ковша погрузчика V_n и объемом кузова V_t транспортного средства, работающего без прицепа, считают от 1 : 2 до 1 : 5.

Рекомендуемая комплектация погрузчиков с автотранспортными средствами:

Грузоподъемность погрузчиков, т	2	3	4...6	10...15
Грузоподъемность автотранспортных средств, т	7...8	7...11	12...27	27...40

Пневмоколесные погрузчики обладают преимуществами по сравнению с гусеничными погрузчиками в следующих случаях: необходимости перемещения грунта на расстояние свыше 25 м; рассредоточения объектов работ, когда погрузчики должны часто перебазироваться с объекта на объект; выполнения работ в стесненных условиях, требующих повышенной маневренности погрузчика.

Применение гусеничных погрузчиков предпочтительно при работе в плотных грунтах, требующих больших напорных усилий; длительной работе погрузчика на объекте; слабых грунтовых основаниях и необходимости применения машин высокой проходимости.

Производительность работы погрузчиков:

$$\Pi = \frac{360\,000TV_{\Pi}K_{\Pi}K_{\text{в}}}{t_{\text{ц}}K_{\text{р}}},$$

$$\Pi = \frac{360\,000TV_{\Pi}K_{\Pi}K_{\text{в}}\delta}{t_{\text{ц}}K_{\text{р}}},$$

где T — продолжительность смены (при пятидневной рабочей неделе принимается 8,2 ч); V_{Π} — объем ковша погрузчика, м³; K_{Π} — коэффициент наполнения ковша (для разрыхленного грунта III группы $K_{\Pi} = 1...1,3$); $K_{\text{в}}$ — коэффициент использования времени (изменяется в пределах от 0,5 до 0,9; обычно составляет 0,75...0,80); δ — плотность грунта, т/м³; $t_{\text{ц}}$ — продолжительность полного рабочего цикла, с ($t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$), где $t_1...t_8$ — соответственно продолжительность наполнения ковша, подъема ковша в транспортное положение, движения погрузчика к месту разгрузки, подъема ковша до разгрузочного положения; разгрузки, опускания ковша до транспортного положения, обратного движения погрузчика к месту загрузки, переключения рычагов управления (суммарная продолжительность переключения); $K_{\text{р}}$ — коэффициент разрыхления грунта.

Исследования показывают, что продолжительность рабочего цикла одноковшовых фронтальных погрузчиков является функцией их главного параметра — грузоподъемности q_{Π} и может быть вычислена по формулам:

— для погрузчиков на пневмоколесном ходу:

$$t_{\text{ц}} = 34,4 + 0,5q_{\Pi};$$

— погрузчиков на гусеничном ходу:

$$t_{\text{ц}} = 40 + q_{\Pi}.$$

4.3. Строительство насыпей из грунтов боковых резервов

В условиях равнинной или слабопересеченной местности земляное полотно автомобильных дорог представляет собой в основном невысокие насыпи (0,6...0,8 м, иногда немного более 1 м). Для возведения та-

ких насыпей требуется сравнительно мало грунта, и до недавнего времени его получали из боковых резервов, закладываемых вдоль дороги с одной стороны или двух сторон почти на всем ее протяжении. В результате такого решения стоимость земляных работ была наименьшей, и это обстоятельство служило решающим фактором при определении источников грунта для строительства земляного полотна. Однако следует принимать во внимание и недостатки такого решения.

При наличии боковых резервов дорога занимает в 2 раза большую площадь земли. После постройки дороги земли резервов по мере их засорения и зарастания растительностью превращаются в рассадник сорняков, места скопления мусора, ухудшают водно-тепловой режим земляного полотна, не способствуют безопасности движения по дороге. В связи с этим строительство земляного полотна из грунта боковых резервов производят редко. Боковые резервы рациональны только в тех районах, где дорога проходит по неплодородным землям, при строительстве дорог низших категорий и при обязательном восстановлении (рекультивации) земель, временно занимавшихся резервами. Работы выполняют бульдозерами, скреперами или грейдер-элеваторами.

Технология и организация работ при возведении насыпи из боковых резервов бульдозерами

Обычно резервы размещают с двух сторон, а если местные условия не позволяют это сделать, то ограничиваются резервом с одной стороны. Размеры резервов устанавливают в зависимости от высоты и ширины насыпи. Глубину резерва назначают по условиям водоотвода (но не более 1 м). В пределах одного резерва глубина и ширина его постоянны.

Бульдозеры выполняют большую часть технологических операций, за исключением уплотнения. Общий комплекс работ включает: подготовку основания (удаление растительного грунта); уплотнение естественного основания насыпи катками или другими машинами, применяемыми для уплотнения грунтов; разработку грунта в резерве, перемещение в насыпь; разравнивание грунта каждого слоя бульдозерами; уплотнение каждого слоя грунта катками; планировку поверхности земляного полотна и резервов автогрейдером; рекультивацию резервов и распределение грунта на откосы и обочины бульдозерами.

Подготовка основания насыпи и площади, занимаемой резервами, состоит из удаления растительного грунта и уплотнения грунта основания. Если плотность грунта естественного основания недостаточна,

то производят его уплотнение. Плотность грунта в естественном основании насыпи должна быть такой же, как в верхней части земляного полотна.

Разработку грунта в резервах, перемещение и распределение его горизонтальными слоями в насыпи выполняют бульдозерами траншейным способом. Первое зарезание грунта бульдозер производит на внутренней части резерва, следующее — на внешней так, чтобы образовалась одна сплошная неглубокая траншея, перпендикулярная оси дороги. Вырезанный грунт перемещают на насыпь и разравнивают слоями толщиной 20...25 см (в зависимости от применяемых машин для уплотнения грунта). Затем зарезание производят параллельно первой траншее на расстоянии от нее 0,5...0,8 м. В дальнейшем зарезание производят последовательно на всей захватке и получают грунт для создания всего первого слоя насыпи на этой захватке. После профилирования и уплотнения первого слоя насыпи производят зарезание грунта бульдозерами вновь на месте образованных траншей в той же последовательности и получают грунт для создания второго слоя насыпи. Этот процесс повторяют столько раз, сколько слоев нужно уложить для получения проектного поперечного профиля земляного полотна на данном участке. При разработке грунта для последнего слоя насыпи срезают «стенки», образовавшиеся между траншеями.

Разравнивание грунта и планировку поверхности слоев производят бульдозерами или автогрейдерами. Предварительное разравнивание часто осуществляют в процессе послойной укладки грунта способами, указанными на рис. 4.4. Послойное разравнивание грунта и планировку поверхности выполняют после отсыпки каждого слоя на всю ширину земляного полотна на длине захватки. Поверхности верхнего слоя насыпи придают поперечный уклон 20...40% от оси к бровкам земляного полотна. Поверхность других слоев планируют с такими же уклонами только при длительных перерывах в работе для обеспечения стока дождевой воды, в остальных случаях поверхность делают горизонтальной.

Планировка поверхности земляного полотна и резервов необходима для обеспечения отвода воды, поэтому поверхностям земляного полотна придают заданные уклоны в продольном и поперечном направлениях вначале грубой планировкой с выдерживанием продольного уклона, а затем производят окончательную планировку с обеспечением поперечных уклонов. В последнюю очередь выполняют планировку откосов и дна резерва.

При возведении насыпей из боковых резервов бульдозерами работы ведут на отдельных захватках. Длину захваток определяют расчетом, в котором учитывают технологические особенности выполняемых процессов, зависимость выработки машин от фронта работ, возможность использования машин на соседних захватках, необходимость обеспечения контроля и т.д.

Как правило, каждая из машин работает на одной захватке, выполняя определенные технологические операции, однако при возможности некоторые машины могут попеременно работать на разных захватках.

Возведение насыпей из боковых резервов автогрейдером

Автогрейдеры предназначены главным образом для работ по разравниванию и профилированию грунта. Возведение насыпей из грунта боковых резервов возможно при их небольшой высоте, примерно до 0,8 м.

Технологический процесс выполнения работ автогрейдером состоит из ряда последовательных операций: зарезания грунта, поперечного его перемещения, послойного разравнивания.

Разработку резерва начинают от внутренней бровки. Перемещение грунта осуществляют за несколько проходов; эта операция наиболее трудоемкая, она составляет до 75% общего числа проходов, поэтому иногда производят два зарезания, после чего выполняют перемещение этого грунта, затем вновь два зарезания и перемещение и т.д. Укладку грунта производят одним из двух способов — «вполуприжим» (вразбежку) и «вприжим». Грунт, надвинутый автогрейдером, необходимо немедленно разравнивать, не допуская складирования в виде куч и валов.

Зарезание грунта выполняют на I передаче автогрейдера половиной длины ножа при наибольшей толщине срезаемой стружки, а перемещение и разравнивание на II и III передаче по возможности всей длиной ножа.

Углы установки ножа автогрейдера для выполнения операций по зарезанию, перемещению и разравниванию грунта устанавливают в зависимости от вида и состояния грунтов.

Производительность автогрейдера

$$\Pi = \frac{qTK_{\text{в}}}{t_{\text{ц}}K_{\text{п}}},$$

где $q = 2Lf$; L — длина захватки, м; f — поперечное сечение вырезаемой борозды при зарезании грунта, м²; T — продолжительность рабочей смены, ч; $K_{\text{в}}$ —

коэффициент использования времени; $t_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла $\left(t_{\text{ц}} = \frac{2L}{v_1} + \frac{2L}{v_2} n + 2(n+1)t_{\text{п}} + 2t_{\text{г}} \right)$; v_1, v_2 — скорости движения автогрейдера соответственно при зарезании и перемещении грунта, м/ч; n — количество проходов для перемещения грунта, вырезанного за один проход зарезания; $t_{\text{п}}$ — время, затрачиваемое на один поворот автогрейдера в конце захватки, ч; $t_{\text{г}}$ — время на одну перемену установки отвала, ч; K_p — коэффициент разрыхления грунта.

Чем больше длина захватки и площадь вырезаемой борозды, тем выше производительность автогрейдера, поэтому длину захватки назначают 300...500 м (меньшие размеры при дождливой или, наоборот, засушливой погоде).

Применение других машин для возведения насыпей из боковых резервов

Для выполнения такого вида земляных работ можно применять почти все виды землеройных машин. При высоких темпах строительства земляного полотна из боковых резервов целесообразно использовать грейдер-элеватор.

Скреперы эффективнее бульдозеров при высоте насыпей больше 1,5 м и при значительных расстояниях продольного перемещения грунта, т.е. когда необходимо перемещать грунт более чем на 100 м.

ГЛАВА 5. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА КОСОГОРАХ ИЗ НЕСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ. ПЛАНИРОВКА, УКРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ

5.1. Конструктивные особенности земляного полотна на косогоре и их влияние на способы проведения работ

При строительстве земляного полотна на косогорах (рис. 5.1) технологию работ определяют его конструктивные особенности и грунтово-гидрологические условия местности. Наиболее удобной для строительства является раскрытая выемка или полувыемка (см. рис. 5.1, *а, б*). При крутых и высоких склонах и откосах для удержания осыпающегося грунта со склона и верхнего откоса устанавливают верховые бермы или берму с подпорной стенкой. При недостаточной устойчивости верховой части склона или откоса может потребоваться верховая подпорная или одевающая стенка (см. рис. 5.1, *д*). Подпорные стенки, как верховые (см. рис. 5.1, *д*), так и низовые (см. рис. 5.1, *в, з*), строят отдельными секциями и в наиболее сухой период года, т.е. с соблюдением мер, исключающих нарушение устойчивости естественного или насыпанного грунта. Частая смена конструктивных решений земляного полотна и непрерывно меняющиеся грунтово-гидрологические условия, трудности уплотнения грунтов осложняют технологию строительства, требуют высокой квалификации рабочих, более совершенной техники и технологии, а также тщательно поставленного пооперационного контроля качества выполняемых работ.

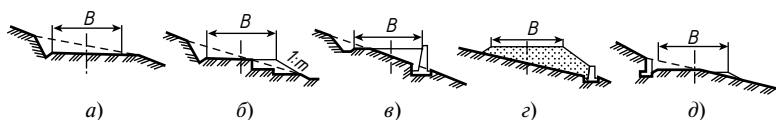


Рис. 5.1. Типовые поперечные профили на косогорах

Работу машин организуют с учетом особенностей местности. Так, например, при работе бульдозеров под уклон производительность увеличивается, а при работе в гору — понижается. При работе на косогорах особое внимание необходимо обращать на соблюдение мер безопасности, предотвращать возможность образования козырьков грунта при работе экскаваторов, применять меры против сползания и опрокидывания машин, освещать объекты работ в ночное время.

5.2. Возведение земляного полотна на косогорах

Строительство земляного полотна включает восстановление трассы, устройство пешеходной тропы, обеспечение рабочего проезда и возведение земляного полотна полного профиля.

Устройство пешеходной тропы возможно в уровне отметок земляного полотна с низовой стороны строящейся дороги (рис. 5.2, а), в верхней части поперечника (см. рис. 5.2, б) и в пределах проектного поперечника (см. рис. 5.2, в). Иногда пешеходную тропу выносят за пределы проектного поперечника, преимущественно выше по косогору, из-за встретившихся скальных выступов, обрывистых склонов и других труднодоступных мест.

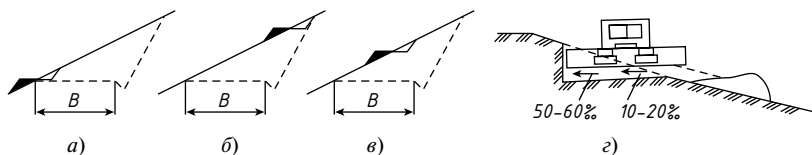


Рис. 5.2. Устройство пешеходной тропы и полки рабочего проезда

Рабочий проезд устраивают чаще всего путем расширения пешеходной тропы до 3,5...4,0 м бульдозером (см. рис. 5.2, з), что позволяет обеспечить проезд построечного транспорта и дорожных машин к местам сосредоточенных работ.

Постройку земляного профиля при устройстве полувыемки ведут по одной из схем, представленных на рис. 5.3.

Разработку грунта по схеме, показанной на рис. 5.3, а, производят за счет последовательного (II, III, IV) расширения полки продвижением в сторону косогора. Вне зависимости от способа разработки грунта здесь возникает важное преимущество — поддержание посто-

янного проезда построечного транспорта обеспечивается расчисткой ранее созданного проезда, что значительно облегчает выполнение этой работы. Кроме того, грунт разрабатывают и перемещают один раз и сбрасывают за пределы проектного поперечника, тогда как при работе по другим схемам для сброса грунта за пределы проектного поперечника приходится перемещать его несколько раз. Разработка грунта при расположении полки рабочего проезда по схеме, представленной на рис. 5.3, *а*, может быть выполнена двумя бульдозерами, экскаватором, экскаватором и бульдозером или взрывным способом с уборкой оставшейся части разрыхленного грунта бульдозерами.

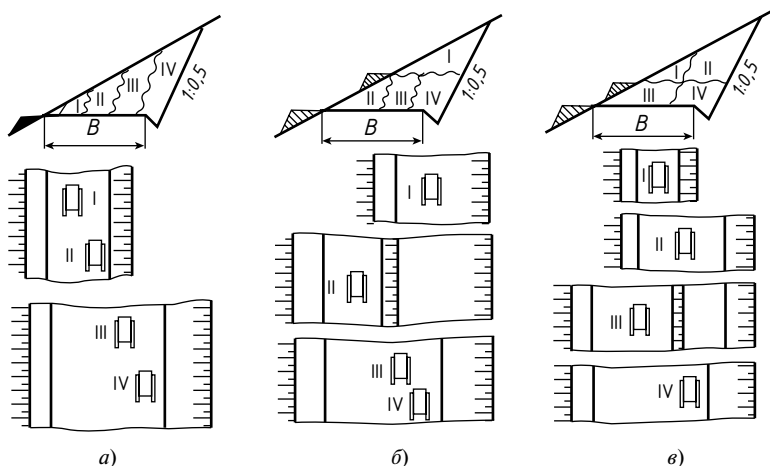


Рис. 5.3. Последовательность разработки грунта при постройке земляного полотна в полувыемке:

а — при постоянном размещении полки рабочего проезда в проектных отметках; *б* — с перемещением полки рабочего проезда из уступа I в уступ II; *в* — с постоянным понижением полки рабочего проезда из уступа I в уступ IV; II, III, IV — последовательность дальнейшей разработки грунта

Разработку грунта двумя бульдозерами организуют таким образом, что один из бульдозеров, разработав себе косогорный ход параллельно или под некоторым углом к оси дороги последовательно, т.е. вначале в полосе II, затем в полосе III и т.д. (см. рис. 5.3, *а*), разрабатывает грунт сверху каждой полосы и сбрасывает его на полку рабочего проезда. Второй бульдозер перемещает этот грунт в отвал по готовой части земляного полотна. Бульдозер, обеспечивающий разработку (зарезание) грунта и перемещение его вниз, создает себе две рабочие захватки. Каждая захватка имеет длину 30...35 м, причем одна из них

служит продолжением другой. Когда один бульдозер разрабатывает грунт на первой захватке, другой транспортирует грунт и перемещает его под откос в створе со второй захваткой. Затем бульдозеры одновременно меняют захватки.

При разработке грунта в крайней полосе (IV) верхний бульдозер с помощью откосника планирует откос. Таким образом, земляное полотно оказывается в законченном виде и не требует отделочных работ или эти работы сводятся к минимуму. Этот способ разработки грунтов имеет дополнительные преимущества. Нижний бульдозер работает, как правило, с более высокой производительностью, чем верхний, так как он не разрабатывает, а лишь перемещает грунт. Это позволяет обеспечивать бесперебойное движение построечного транспорта и содержать проезжую часть дороги в хорошем состоянии.

Работа двух бульдозеров в одном месте всегда целесообразна, так как часто требуется помощь одного из них другому: при встретившемся крупном валуне или при пробуксовывании в переувлажненном грунте.

При разработке грунта экскаваторами на уступе I работает экскаватор с ковшем вместимостью 0,6...0,65 м³ и отваливает грунт непосредственно под откос. Затем экскаватор с вместимостью ковша 1,0...1,25 м³ и более разрабатывает грунт до требуемого положения откоса по проекту.

Увеличенные объемы земляных работ на уступе II выполняют более производительными экскаваторами, и весь отряд машин продвигается по дороге с установленной скоростью. Отвал грунта от второго экскаватора перемещает под откос бульдозер. Этот же бульдозер выполняет подборочные и планировочные работы в уровне проектных отметок земляного полотна. Такую работу можно выполнять или двумя одинаковыми экскаваторами, или одним экскаватором с периодической перестановкой его из уступа I в уступ II. Разработку грунта бульдозером и экскаваторами осуществляют на такой длине участка, где объем земляных работ равен сменной производительности механизированного отряда.

При уширении полки рабочего проезда одним экскаватором, работающим в уступе I, т.е. в случае сброса грунта экскаватором непосредственно под откос, уступ II разрабатывают двумя бульдозерами, как это было изложено ранее.

Разработку грунта взрывным способом и уборку его бульдозерами осуществляют на большей захватке, так как требуется участок для подготовки взрывов и участок, на протяжении которого скважины для взрывов уже подготовлены.

Взрывы ведут в такое время, когда они в наименьшей степени сдерживают работу машин. Лучше всего их проводить три раза в сутки: между ночной и дневной сменами, когда на трассе нет людей и работающих машин; между дневной и ночной сменами, а также во время обеденного перерыва рабочих дневной смены. Взрывные работы выполняют при строгом соблюдении правил безопасности, установленных для этого вида работ. На принятой захватке объем взрываемого грунта определяют из расчета возможности расчистки полосы проезда за 1 ч после взрыва и из расчета обеспечения фронта работ землеройной технике до следующего взрыва. Буровые работы производят одновременно с остальными, а подготовку взрыва и взрыв — после удаления рабочих и машин из зоны возможного разлета породы. При такой увязке технологии взрывных и земляных работ проезд к моменту подхода автомобилей восстанавливается, а бульдозеры или другие машины остальное время смены убирают грунт, устраивая земляное полотно полного профиля.

При продольной возке грунта наиболее целесообразна разработка его скреперами по схеме, приведенной на рис. 5.3, *в*, а экскаваторами — при необходимости введения высотных ярусов — по схемам на рис. 5.3, *б*, *в*.

При необходимости продольной возки транспортирование грунта осуществляют автомобилями-самосвалами.

Планировку грунта перед его уплотнением производят бульдозерами, а профилирование верхнего слоя, устройство лотков, канав и ряд отделочных работ — автогрейдерами, что необходимо учитывать при комплектовании механизированных отрядов.

Поперечное перемещение грунта под откос бульдозерами с поворотным отвалом выполняют при движении параллельно оси дороги. Если в этой работе участвуют бульдозеры с неповоротным отвалом, то они сталкивают грунт за счет общего поворота машины.

5.3. Планировка поверхности земляного полотна и откосов

После окончания основных работ по возведению насыпи или выемки производят планировку, а затем укрепление поверхности земляного полотна. Планировка необходима для того, чтобы выровнять верхнюю часть земляного полотна и откосы в соответствии с проект-

ными отметками, обеспечить требуемую ровность и создать необходимые условия для стока воды.

Планировку откосов насыпей производят после планировки поверхности земляного полотна, а в выемках, наоборот, вначале планируют откосы, а потом дно выемки. После планировки целесообразно сразу укрепить откосы для защиты их от размыва водой или воздействия других факторов. Планировку поверхности насыпи и дна выемки выполняют автогрейдером.

Перед началом планировки автогрейдером производят грубую планировку короткими проходами — срезают грунт в отдельных местах, наиболее отличающихся по своим отметкам от проектных. После этого проводят общую планировку сквозными проходками автогрейдера по всей длине захватки.

Планировку откосов насыпей и выемок выполняют и другими машинами: бульдозерами и автогрейдерами с откосниками, экскаваторами-планировщиками (гидравлическими одноковшовыми экскаваторами с телескопической стрелой), экскаваторами-драглайнами с обычным ковшом или специальным двухотвальным планировщиком.

Пологие откосы насыпей с заложением 1:3 и более планируют автогрейдером при непосредственном движении по ним (рис. 5.4).

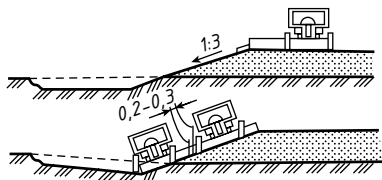


Рис. 5.4. Планировка автогрейдером пологих откосов

Пологие откосы с заложением 1:2 и более можно планировать бульдозером при движении непосредственно по откосу перпендикулярно оси дороги сверху вниз. Крутые откосы с заложением менее 1:3 планируют автогрейдером или бульдозером, оборудованным удлинителем ножа с выносом его в сторону (рис. 5.5).

Откосы высоких насыпей и глубоких выемок планируют с помощью экскаваторов. При насыпях до 5...7 м целесообразно применять экскаватор-планировщик с телескопической стрелой (рис. 5.6), при большей высоте насыпей (до 14 м) — экскаватор с двухотвальным планировщиком или драглайн с обычным ковшом. Планировку экскаваторами-планировщиками производят с верхней и нижней стоянок, экскаватором-драглайном — только с верхней стоянки.

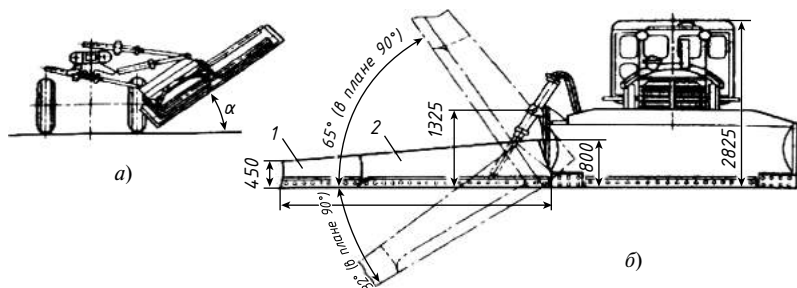


Рис. 5.5. Оборудование бульдозера и автогрейдера для планировки крутых откосов:

a — вынос ножа автогрейдера в сторону; *б* — удлинитель отвала бульдозера; 1 и 2 — секция удлинителя; α — угол, соответствующий уклону откоса

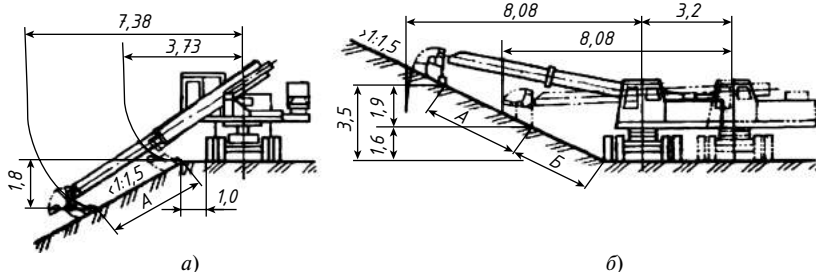


Рис. 5.6. Планировка откосов экскаватором-планировщиком с телескопической стрелой:

a — планировка верхней части откоса; *б* — планировка нижней части откоса; *A* — первая зона планировки; *B* — вторая зона планировки

При более глубоких выемках или более высоких насыпях планировку откосов производят по ярусам, разделяемым полками шириной не менее 5 м, по которым и перемещаются экскаваторы.

При планировке откосов осуществляют контроль за ровностью поверхности и соблюдением необходимого уклона откоса. Для этого применяют переносные откосные лекала различных конструкций.

5.4. Укрепление земляного полотна

Откосы земляного полотна под влиянием ветра, воды, промерзания и оттаивания могут получать повреждения.

Способы укрепления откосов земляного полотна различны. Их выбирают с учетом размеров и уклонов откосов, погоднo-климатических

и гидрогеологических условий района, свойств грунтов и других факторов.

Простейшим укреплением является создание на поверхности откосов растительного травяного покрова. В отдельных случаях откосы укрепляют посадкой деревьев и кустарника. Весьма распространено укрепление геосинтетическими решетками, а также слоями грунта, обработанного вяжущим. Дорогим, но надежным способом является укрепление бетонными плитками и решетками из железобетонных элементов.

Наиболее распространенным и экономичным типом укрепления является создание дернового покрова путем посева трав. Этот вид укрепления часто сочетается с устройством решетчатого укрепления из сборных железобетонных элементов. Такую конструкцию обычно применяют для укрепления откосов глубоких выемок и высоких насыпей. Создание сплошных защитных слоев из сборного или монолитного железобетона применяют обычно на пойменных участках, на подходах к мостам. В горных условиях укрепление откосов из скальных выветривающихся грунтов производят с помощью бетона по методу пневмонабрызга. Откосы насыпей и выемок при глинистых или песчаных грунтах в горных условиях часто укрепляют укладкой на них каменного материала различной толщины или крупным штучным камнем.

Укрепление откосов созданием дернового покрова может быть осуществлено двумя способами: механизированным или гидропосевом трав по слою растительного грунта, уложенного на откосах; гидропосевом трав без предварительного создания растительного слоя на откосах.

При первом способе на откос укладывают растительный грунт слоем 10...15 см, а затем производят посев трав.

Гидропосев возможен без создания растительного слоя на откосах. При этом применяют смесь, состоящую из семян трав, минеральных удобрений, мульчирующего материала, пленкообразующего компонента и воды. Мульчирующий (измельченная солома, опилки) и пленкообразующий (битумная эмульсия или латекс) материалы создают на откосе благоприятные условия для роста и развития трав и предохраняют откос от водной и ветровой эрозии.

Состав смеси семян трав подбирают из различных сортов с учетом климатических условий района. Посев трав возможен с ранней весны до поздней осени. При засушливой погоде применяют искусственное увлажнение.

Для гидропосева применяют специальные машины, состоящие из цистерны с лопастной мешалкой, насоса, шлангов и гидромонитора для разбрызгивания смеси по откосу. Смесь распределяют по откосу при движении машины вдоль нижней или верхней части откоса. Как правило, распределение смеси производят за несколько проходов гидросеялки на одной захватке, чтобы избежать стекания рабочей смеси с откоса.

Если грунт откоса сухой, то его предварительно увлажняют. Производительность работы гидросеялки в среднем составляет около 4000 м² за смену и зависит от величины откосов, расстояния между объектом работ и базой заправки.

Распределение растительного грунта на откосах земляного полотна с рабочими откосами до 3,5 м можно выполнять автогрейдерами или бульдозерами, оборудованными откосниками. При больших отметках растительный грунт распределяют экскаватором-драглайном. В зависимости от местных условий при рабочих отметках земляного полотна до 8 м растительный грунт распределяют с нижних или верхних стоянок экскаватора. Грунт забирают ковшом из заготовленных заранее валов, расположенных вдоль бровки или подошвы откоса. Разравнивание растительного грунта на откосе после его распределения экскаватором-драглайном производят экскаватором-планировщиком.

Укрепление откосов из сборных железобетонных элементов с образованием решетчатой конструкции производят в следующей технологической последовательности: подготовка откосов — планировка и уплотнение; устройство бетонного упора у подошвы откоса; монтаж железобетонных элементов решетчатой конструкции; заполнение клеток растительным грунтом с посевом трав (клетки могут быть заполнены также щебнем или гравием).

Монтаж решетчатой конструкции укрепления из сборных элементов осуществляют снизу вверх. Подачу деталей производят краном; места стыковки омоноличивают; грунт, гравий или щебень для заполнения ячеек подают также краном, оборудованным грейферным ковшом. Перед началом монтажа сборных элементов выполняют разбивку для закрепления осевых линий разбивочными колышками.

Кроме сборных решетчатых конструкций для укрепления неподпояемых откосов применяют укладку гравия или щебня слоем 10...15 см. После распределения и разравнивания этого материала на откосе производят его уплотнение с помощью площадочных вибраторов или катком, монтируемым на тресах к экскаватору-драглайну.

Укрепление скальных откосов в выемках и полувыемках, подверженных естественному разрушению (выветриванию), выполняют методом пневмонабрызга бетон-шприц-машиной. При этом способе на поверхность откоса с помощью сжатого воздуха распределяют известковогипсовую, цементогрунтовую, цементопесчаную или цементобетонную смесь. Пневморазбрызг позволяет укладывать смеси без опалубки и не требует последующего уплотнения смеси. Толщина наносимого слоя зависит от прочности породы и характера воздействия атмосферных факторов.

Применяют следующие конструкции: облегченные — толщиной 25 мм; средние — 40...60 мм; усиленные — до 100 мм (с металлической сеткой); мощные — 100 мм и более с металлической сеткой и закреплением анкерами. Технология работ включает подготовительные работы, нанесение смеси на откос, уход за покрытием.

Подготовительные работы состоят из приготовления смесей и подготовки самого откоса. Поверхность укрепляемого откоса планируют, удаляя отдельные крупные включения. У подошвы откоса укладывают выравнивающий или упорный слой из бетона или бутобетона. Отдельные крупные углубления на откосах также заделывают этими материалами. Если конструкция укрепления предусматривает применение металлической сетки (арматуры), то ее навешивают на откос и закрепляют анкерами. Анкеры забивают в породу или в деревянные пробки, которые вставляют в пробуренные скважины и заделывают цементным раствором. Перед нанесением на откос смеси его предварительно увлажняют.

Сухую смесь проектного состава приготавливают в стационарных смесителях и транспортируют к месту производства работ автомобилями-самосвалами. Возможно приготовление сухой смеси в передвижной бетономешалке непосредственно на месте работ.

Укрепление песчаных откосов насыпей в засушливых районах производят путем создания на них покрытия из щебня, гравия, грунта, обработанного вяжущими материалами, или глинистого грунта. Щебень (гравий) распределяют по откосу слоем 0,10...0,15 м. В основании откоса материал распределяют на ширину 1 м для создания упора. Для укрепления песчаных грунтов применяют органические вяжущие материалы — битум, битумные эмульсии, нефтяные остатки и отходы промышленности. Откосы обрабатывают путем розлива вяжущих или распределения по откосу предварительно приготовленной смеси из обработанного грунта.

Укрепление откосов каменной наброской производят для защиты их от размыва и подмыва текущей водой и разрушающего действия волн. Благодаря простоте осуществления, надежности и большим срокам службы защита откосов каменной наброской является распространенным типом укрепления. Для этого применяют различный по минералогическому составу и размерам камень, обладающий морозостойкостью не менее $M_{pз} 100...150$. Толщину наброски принимают равной двум-трем размерам наибольших камней.

Укрепление откосов бетонными покрытиями служит для защиты их от воздействия течения воды, ударов волн и ледохода.

Применяют различные конструкции — начиная от облегченных сборных плит размерами $1,00 \times 1,00 \times 0,16$ м до монолитного бетонного покрытия толщиной до 0,3 м.

Все типы бетонных покрытий укладывают на слой щебня или гравия толщиной 0,1...0,2 м. В нижней части откоса у основания насыпи делают бетонный упор из сборных бетонных элементов или монолитного бетона. Иногда вместо бетонного упора отсыпают каменную упорную призму (рисберму), а при укреплении подтопленного откоса предварительно отсыпают берму из камня до отметки на 0,25 м выше уровня воды (в период строительства). Мелкие бетонные плиты укладывают на откосах без соединения друг с другом, крупные железобетонные плиты соединяют металлическими хомутами (по одному на каждую сторону), создающими шарнирное соединение, а также путем сварки выпусков арматуры или специальных закладных деталей. Покрытия из наиболее крупных плит омоноличивают для создания отдельных карт, разделенных температурными швами. Подачу материалов и плит на откосы производят с помощью кранов, устанавливаемых у подошвы насыпи, на берме или обочине. Материалы и плиты вывозят заблаговременно и складывают вдоль укрепляемого откоса. Плиты укладывают снизу вверх на выровненное и уплотненное основание. Для уплотнения применяют виброплощадки.

Важными мероприятиями по укреплению земляного полотна и обеспечению его сохранности и работы дороги в районах действующих оврагов являются их укрепление и попутно использование. Овраги — разновидность эрозии земли, приводящей часто к большим разрушениям и потерям полезной сельскохозяйственной территории. Существуют различные способы борьбы с оврагами путем их закрепления, а также проведения дорог по овражистым территориям с одновременным их использованием. Способы закрепления оврагов устанавливают в проектах на основании детальных изысканий.

ГЛАВА 6. ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ

6.1. Особые условия строительства земляного полотна в горной местности

К горным относят районы, в которых отдельные возвышенности, хребты или массивы приподняты над окружающей местностью не менее чем на 500 м и характеризуются резкими колебаниями высоты. Для горного рельефа характерно чередование хребтов или иных массивов с долинами и межгорными впадинами и наличие склонов различной крутизны и формы.

Земляное полотно горных дорог существенно отличается от земляного полотна в равнинной местности: дорога часто проходит по склонам; высокие насыпи чередуются с глубокими выемками и полувыемками; в конструкцию земляного полотна входят нередко в больших объемах сложные специальные сооружения; постройку земляного полотна в скальных грунтах ведут взрывным способом. Стоимость работ по строительству земляного полотна достигает 55...60% (вместо 12...25% в равнинной местности) общей стоимости дороги. Производство работ при строительстве автомобильных дорог в горной местности, если исключить существенные различия горных областей между собой, характеризуется некоторыми общими особенностями.

1. Изменение параметров земляного полотна по длине дороги. Это происходит вследствие изменчивости геологического строения склонов и трудностей учета этих особенностей из-за довольно большого расстояния между разведочными скважинами при проведении изыскательских работ.

2. Для предотвращения воздействия снежных лавин, селей и обвалов, оползневых, сейсмических и других явлений участки земляного полотна горных дорог оснащаются специальными защитными сооружениями.

3. Возможное нарушение устойчивости склонов в оползневых районах, а также при производстве взрывных работ.

4. Для ряда горных районов характерна резкая перемена погоды, которая приводит к возникновению опасных природных явлений: ливням, которые могут быть причиной разрушения строящихся отко-

сов насыпей и выемок; внезапному повышению уровня горных потоков и сходу селей; оттепелям, способствующим образованию снежных лавин.

5. Строительство горных дорог разворачивается в районах со слабо развитой сетью железных дорог, что приводит к необходимости иметь, как правило, одну базу снабжения строительства с удалением ее на 60...80 км и более от строящейся автомобильной дороги.

6. К строящейся дороге, как правило, нет автомобильного подъезда, или он имеется в какой-либо одной точке трассы. Возникают сложные задачи развития фронта работ, а в последующем — строительства дороги одновременно с пропуском по ней построечного транспорта.

7. При строительстве участков дороги, прокладываемых в скальных породах, а иногда в рыхло-обломочных грунтах, нужны массовые взрывные работы. В скальных породах эти работы необходимы в связи с тем, что разработка пород, за исключением слабых скальных пород, а также сильно трещиноватых, без взрывания невозможна.

6.2. Буровые работы

Для размещения взрывчатых веществ (ВВ) при разработке выемок в скальных грунтах создают специальные выработки (рис. 6.1). Выработки цилиндрической формы диаметром до 25 мм или длиной до 5 м называют шпурами, а выработки с большим диаметром или большей длиной — скважинами. При разработке выемок в скальных грунтах взрывным способом в основном применяют методы скважинных и шпуровых зарядов.

Шпуры и скважины бывают вертикальные, наклонные и горизонтальные. Кроме простых шпуров и скважин применяют котловые шпуры и скважины, имеющие уширение в основании в виде котла, рукава — горизонтальные или слегка наклонные выработки небольшого сечения (до 0,4×0,4 м), зарядные камеры — специальные углубления в форме куба или параллелепипеда для размещения больших зарядов ВВ и для улучшения условий забивки этих зарядов. Штольни, рассечки — горизонтальные вспомогательные выработки, шурфы — вертикальные — предназначены для образования зарядных камер. Поперечные сечения: шурфов — 1,0×1,2 м, а штолен и рассечек — 1,0×1,6 м — позволяют производительнее работать проходчикам.

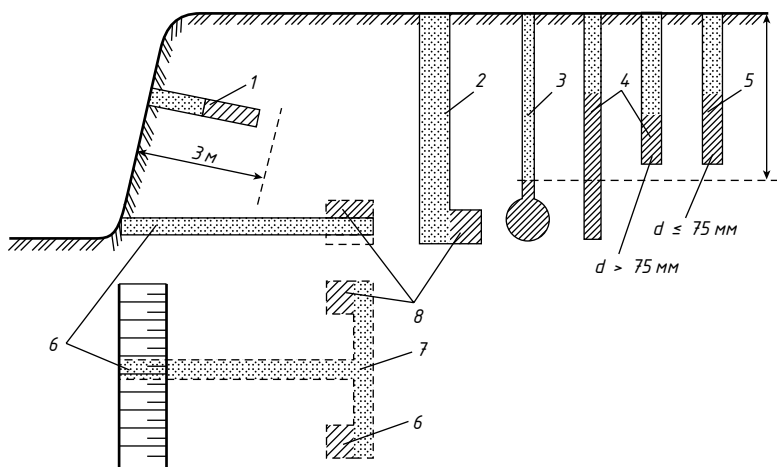


Рис. 6.1. Взрывные выработки:

1 — рукав; 2 — шурф; 3 — котловая скважина; 4 — скважины;
5 — шпур; 6 — зарядные камеры; 7 — рассечка; 8 — штольня

Процесс бурения состоит в разрушении породы и удалении буровой крошки из шпура или скважины. Из нескольких разновидностей механического способа бурения наиболее распространены шарошечный, пневмоударный и перфораторный. При шарошечном бурении разрушения породы достигают за счет ее снятия и скола каждым зубцом конусообразной шарошки при перекатывании вокруг оси шарошечного долота за счет сообщаемого осевого давления. Пневмоударное и перфораторное бурение выполняют пневматическими машинами. Перфоратор, являющийся рабочим органом, всегда остается на поверхности, а углубление шпура достигают увеличением длины штанги. Рабочий орган пневмоударных механизмов находится в конце штанги у забоя, вследствие чего потери энергии удара практически не зависят от глубины погружения рабочего органа. Разрушение породы достигается главным образом за счет удара, энергия которого определяется большой скоростью движения поршня. Число ударов доходит до 1500...3000 в минуту. Вращательное движение бура играет при разрушении породы второстепенную роль. Буровую мелочь (муку) из скважин и шпуров удаляют промывкой водой или продувкой сжатым воздухом.

Наибольшее распространение имеют машины шарошечного бурения, которые могут бурить скважины на глубину до 30 м диаметром до 140...150 мм. Угол бурения по отношению к вертикали может со-

ставлять от 0 до 90°. Эти машины монтируют на базе гусеничного трактора. Привод бура автономный (от трактора). На удаление буровой крошки из скважин расходуют 4,5...9 м³/мин воздуха при давлении 50 Па. Производительность бурения в смену в прочных скальных породах — 40...80 м, а в непрочных — 14...25 м.

Недостатком таких машин является то, что для их размещения нужна площадка шириной 4...5 м. В тех местах, куда эту машину подать невозможно, применяют буровые станки пневмоударного бурения, позволяющие бурить вертикальные и наклонные скважины. Эти буровые станки разбуривают скважины диаметром 105 мм при расходе воздуха 4,5 м³/мин, производительность бурения в породах VI и VII группы — 25...35 м за смену, а в породах IX группы — 15 м за смену. Масса станков — около 350 кг. Глубина бурения — до 35 м. Для упрощения передвижения станки устанавливают на салазки, гусеничную или пневмоколесную базу.

Шпуры бурят бурильными молотками (перфораторами) электро-сверлами, мотоперфораторами. Перфораторы делят на ручные — массой до 35 кг и станочные — более 35 кг. Все пневматические молотки работают с компрессорами. Наиболее широкое распространение в строительстве получили компрессорные станции.

Буровые работы начинают с прокладки тропы и полки. Их ведут в соответствии с графиком производства работ. Число ярусов и расположение скважин определяют по характерным поперечникам.

Для лучшей обработки откосов применяют откосные скважины.

6.3. Взрывные работы

Взрывными называют работы, которые выполняют взрыванием зарядов взрывчатых веществ. Заряд — определенное количество ВВ, подготовленных к взрыванию. Взрывчатые вещества — твердые, пластичные или порошкообразные химические соединения или механические смеси, способные к быстрому химическому превращению (взрыву) в сильно нагретые (2000...4000 °С) газы, которые, мгновенно расширяясь, производят работу разрушения, метания и сотрясения. Взрывчатые вещества, применяемые для взрывных работ, имеют различные свойства, определяющие область их практического применения.

Взрывание вне зависимости от способа состоит из подготовки к взрыву, изготовления патронов-боевиков, заряжения, забойки и взрыва. Подготовка к взрыву включает буровые работы, оформление

инсполнительной документации и имеет специфические особенности по каждому **способу взрывания**.

Огневой способ применяют для избирательного взрывания некоторых одиночных зарядов, когда взрыв одного из них не должен инициировать взрыв других зарядов. Данному способу взрывания присущи существенные недостатки: пониженные безопасность работ и эффективность использования ВВ при взрыве нескольких зарядов; большая трудоемкость с применением ручного труда. Однако огневой способ взрывания находит применение в связи с его простотой.

Электрический способ взрывания применяют для одновременного взрыва нескольких зарядов или для производства взрыва в точно установленное время. Этот способ более безопасен, но требует довольно сложного оборудования. Для осуществления электрического способа взрывания необходимы электродетонаторы, провода, источники тока, проверочные и измерительные электроприборы.

Электроогневой способ взрывания состоит в инициировании каждого заряда зажигательной трубкой с воспламенением огнепроводного шнура средствами, действующими от электрического тока. Этим способом взрывают с безопасного места, и появляется возможность взрывания зарядов с определенными интервалами замедления.

Короткозамедленное взрывание состоит в том, что группы зарядов или отдельные заряды взрывают поочередно через промежутки времени, измеряемые сотыми и тысячными долями секунды.

Контурное взрывание обеспечивает предохранение от разрушения откосов выемок, полувыемок и траншей. Проектный контур выработки сохраняется за счет размещения по его очертанию холостых скважин (шпуров), скважин с небольшими зарядами ВВ или за счет предварительного образования щели.

Направленное взрывание представляет собой односторонний (направленный) взрыв с перемещением породы на расчетное расстояние и достигается равномерным взрывом рядов зарядов с замедлением. Выброс в нужном направлении достигает 80% общего объема взорванной породы.

Расстояние между зарядами принимают в этом случае

$$b = 0,5h_{\text{ср}} \frac{(n_1 + 1) + (n_2 + 1)}{2},$$

где $h_{\text{ср}}$ — средняя длина линий наименьшего сопротивления первого и второго рядов зарядов, м; n_1 — показатель действия взрыва зарядов первого ряда (ближнего к основному направлению перемещения породы); n_2 — показатель действия взрыва второго ряда.

Величины n_1 и n_2 назначают с сохранением условия

$$n_2 = n_1 + 0,5.$$

Направленное взрывание применяют для образования сложных выемок или для перемещения грунта косогоров в насыпи, полунасыпи, дамбы и другие сооружения.

Использование перечисленных способов, особенно их сочетание, приводит к высококачественному, безопасному и экономичному ведению взрывных работ. Так, например, объединение контурного и короткозамедленного взрывания позволяет максимально приблизить крутизну откосов выемок и полувыемок к запроектированной и обеспечивает их хорошую длительную устойчивость.

6.4. Технология земляных работ в скальных грунтах

Возведение земляного полотна автомобильных дорог в скальных грунтах включает устройство пешеходной тропы, обеспечение рабочего проезда и строительство земляного полотна полного профиля.

Устройство пешеходной тропы, располагаемой по возможности ближе или непосредственно на трассе строящейся дороги, необходимо для осмотра мест проложения дороги перед принятием решения по организации работ, для размещения рабочих в местах сосредоточенных работ, предназначенных к выполнению в первую очередь. Тропа служит также и для закрепления трассы строящейся дороги.

Во многих случаях прокладка пешеходной тропы вблизи трассы строящейся дороги оказывается невозможной. В наиболее труднодоступные места пешеходную тропу прокладывают от пионерной дороги, проведенной обычно в обход таких мест. Иногда для прокладки тропы и обрушения нависающих неустойчивых камней рабочие используют снаряжение скалолазов.

Обеспечение рабочего проезда необходимо на всем протяжении дороги или в крайнем случае на протяжении участка, работы на котором должны быть развернуты в текущем году.

Пионерную (построечную) дорогу прокладывают по пойме реки с простейшей конструкцией проезжей части и водопропускных сооружений.

Если пионерная дорога проложена в обход скальных пород, то подъезд к наиболее трудным участкам трассы, проложенный по этим местам, обеспечивают индивидуальными решениями. В других случаях рабочий проезд обеспечивают: 1) за счет скальных работ по уширению пешеходной тропы, если дорога располагается в полувыемке; 2) устройством сухой кладки из камня, если при проложении дороги предусмотрена постройка подпорной стены и кладка в застенном пространстве; 3) комбинацией решений по п. 1 и 2; 4) выносом рабочего проезда на временные эстакады, полубалконы, балконы.

Взрывные работы ведут методом взрыва скважинных зарядов или мелкошпуровым методом. Шпуры бурят мотоперфораторами, а скважины — с помощью буровых передвижных станков. Уширение пешеходной тропы взрывами мелкошпуровым методом с уборкой взорванной породы бульдозерами применяют из-за его простоты, минимального сейсмического действия, а главное — из-за малой массы бурового оборудования, что обеспечивает большую маневренность и оперативность при работе в различных горных условиях. При устройстве полки рабочего проезда по этому способу проводят разбивочные работы с закреплением сетки шпуров, бурение, зарядку, взрывание и уборку взорванной породы.

При обеспечении рабочего проезда сухой каменной кладкой острые скальные выступы, представляющие собой верхние выветрелые слои, обычно легко разрабатывать. Камень, получаемый в результате разборки скалы, используют для сухой кладки. Ее необходимо выложить так, чтобы в последующем она не мешала строить низовую подпорную стенку при сохранении движения по ней построечного транспорта. Под каменную стенку сухой кладки подрабатывают требуемое основание, а иногда заменяют грунтовую часть земляного полотна каменной кладкой.

Разработка скальных пород на всю ширину земляного полотна заключается в выполнении основных объемов скальных работ. Технология этих работ устанавливается с учетом типа поперечного профиля; наличия и типа специальных сооружений; геологических или гидрогеологических условий, определяющих степень устойчивости склона; технологии взрывных работ и возможности дальнейшего использования взорванной породы; направления перемещения породы — поперечного или продольного.

Разработку полувыемок в скальных грунтах начинают с верхнего уступа проектного поперечника. Вначале пробивают полку рабочего проезда шириной 3,5 м. Такая ширина полки обеспечивает возмож-

ность прохода буровых машин для разбурирования скважин и машин для последующего подвоза и заряжения ВВ. Взрывы скважинных зарядов производят на рыхление или сброс скальной породы до уровня проектных отметок земляного полотна последовательно по уступам.

Скальные породы при мощности слоя до 3,5 м взрывают шпуровым методом, при большей мощности — скважинными зарядами. Эффективность буровзрывных работ повышается, а количество негабаритов становится меньше, если применять одновременно скважинные и шпуровые заряды, расположенные между скважинами.

После взрыва на сброс остается 10...12% разрыхленной породы, которую убирают под откос поперечными проходами бульдозеров.

Взрывание скальной породы в выемках в случае достаточной устойчивости и экономической целесообразности производят оконтуренным взрывом на выброс. При этом существенно сокращаются сроки работ. Грунт из выемки направляют в одну или две стороны, а общее количество породы, подлежащей уборке после взрыва, не превышает 15...20% общего объема.

По условиям безопасности работ при взрывах на рыхление экскаваторный забой не должен быть больше чем на 1...2 м максимальной высоты резания для данного экскаватора.

Разработку выемок и полувыемок глубиной более 6...8 м выполняют в несколько ярусов по высоте, включая и буровзрывные работы, так как взорванная порода может слежаться. Для повышения производительности работы экскаваторов и транспортных средств буровые работы ведут в две-три смены.

При работе в скальных породах учитывают, что объемы разрабатываемого скального грунта меняются по длине дороги. В связи с этим и с учетом наличия сложных специальных сооружений возникает частое чередование линейных и сосредоточенных работ, приводящее иногда к тому, что весь участок дороги, проходящий в скальных грунтах, относят к сосредоточенным работам.

6.5. Особенности контроля качества работ

Проект производства работ (ППР) по сооружению земляного полотна в горной местности устанавливает очередность и сроки выполнения работ, меры сохранения устойчивости, индивидуальные подробные технологические решения, составляемые по рабочим чертежам. Контроль качества включает проверку обеспечения устойчивости зем-

ляного полотна в процессе строительства, безопасности ведения работ, тщательности соблюдения проекта и ППР, обеспеченности всех технологических операций соответствующими машинами, выполнения работ в установленной последовательности по местам работ, по местам расположения отвалов грунта и по времени выполнения работ. Все эти меры контроля направлены на сохранение устойчивости склонов, откосов, сооружений, т.е. на обеспечение главного показателя качества строительства земляного полотна в горной местности.

Выемки на крутых косогорах и оползневых склонах, котлованы под подпорные стенки следует открывать только после проведения специальных защитных мероприятий и в установленной последовательности по фронту работ, по способам их выполнения (экскавация или взрывы, мощность взрывов и их последовательность и т.д.) и по местам отвалов грунта.

Верхняя часть насыпей (до 1 м по высоте) не должна содержать включений кусков крупнее 250 мм, а остальная часть насыпи — не более $\frac{2}{3}$ толщины уплотняемого слоя. Влажность глинистого мелкозема при уплотнении крупнообломочных грунтов должна быть оптимальной, а при уплотнении легковыветривающихся неводостойких крупнообломочных грунтов должна соответствовать тугопластичной конструкции. Эти грунты уплотняют в два этапа: сначала при помощи решетчатых катков, а затем — тяжелых пневмоколесных катков при толщине слоев 0,3...0,4 м.

Основным способом контроля также является производственный текущий контроль таких показателей, как правильность размещения осевой линии в плане и профиле, правильность разбивки поперечных профилей, плотность естественного основания, однородность и плотность грунта в слоях насыпи, устойчивость отдельных скальных напластований (при необходимости).

Степень уплотнения крупнообломочных грунтов при содержании более 60% крупных обломков считают достаточной, если осадка составляет 10...12% для верхней части насыпи толщиной 1,0...1,2 м и 8...10% для остальной ее части.

ГЛАВА 7. ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

7.1. Условия и эффективность применения гидромеханизации земляных работ

Применение гидромеханизации земляных работ предполагает размыв грунта водой, перемещение его в виде взвешенных частиц при определенной скорости течения, укладку в необходимом месте путем снижения скорости течения настолько, что частицы грунта начинают оседать. Гидромеханизацию используют при наличии определенных условий: достаточных объемов воды вблизи строящегося объекта; благоприятных грунтовых условий — при легкоразмываемых песчаных или супесчаных грунтах; близком расположении источника дешевой электроэнергии. Стоимость земляных работ с применением гидромеханизации может быть значительно меньшей, чем при применении бульдозеров, скреперов или экскаваторов, а выработка на одного рабочего намного большей, чем при ведении земляных работ этими машинами. Однако ее целесообразно использовать лишь на крупных объектах земляных работ (годовой объем больше 100 тыс. м³) в связи с применением специального оборудования, которое не может быть использовано на других видах работ.

Эффективность гидромеханизации в значительно большей степени, чем эффективность экскаваторных работ, зависит от геологических и климатических условий. Так, увеличение содержания гравия в песке с 5 до 40% снижает эффективность экскаваторных работ не более чем на 5%, а гидромеханизированных — вдвое. Экономическая эффективность гидромеханизации определяется также наличием в районе производства работ дешевой электроэнергии, расход которой составляет 5...10 кВт на 1 м³. Гидромеханизация может быть эффективна в тех случаях, когда нет притрассовых карьеров для отсыпки земляного полотна. С помощью гидромеханизации грунт может быть получен в реках или других водоемах и уложен в виде резервов для последующего транспортирования его другими средствами.

Для сооружения земляного полотна автомобильных дорог с применением гидромеханизации используют песчаные (гравелистые, крупные, средней крупности и мелкие пески) и пылеватые супеси. Лучшими считают песчаные грунты всех видов, при этом чем они

крупнее, тем эффективнее применение гидромеханизации. Производство земляных работ с помощью гидромеханизации подразделяют на три группы:

- 1) разработка грунта в карьерах напорной струей воды из гидромонитора (рис. 7.1);
- 2) разработка грунта под водой плавучим землесосным снарядом с применением механических или гидравлических рыхлителей (рис. 7.2);
- 3) разработка грунта сухим способом экскаваторами, а транспортирование — в виде гидросмеси с помощью передвижных землесосных установок.

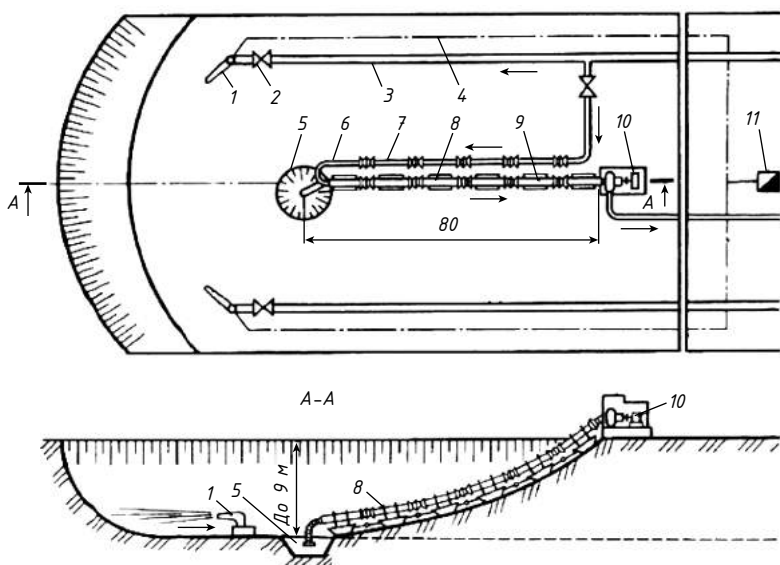


Рис. 7.1. Схема производства гидромониторных работ:

1 — гидромониторная установка; 2 — задвижка с дистанционным управлением; 3 — водоводы; 4 — кабель дистанционного управления; 5 — приемок; 6 — гидроэлеватор; 7 — трубы напорного водовода; 8 — всасывающие трубы землесоса; 9 — всасывающая линия с пульповодом и водоводом, расположенным на понтонах; 10 — землесосная установка; 11 — пульт дистанционного управления

Гидромониторную разработку грунта применяют в карьерах или выемках с отметками на уровне или выше горизонта воды и водоисточника. В некоторых случаях для разработки верхней, необводненной части выемки применяют гидромониторы, нижней, обводненной — плавучие землесосные снаряды.

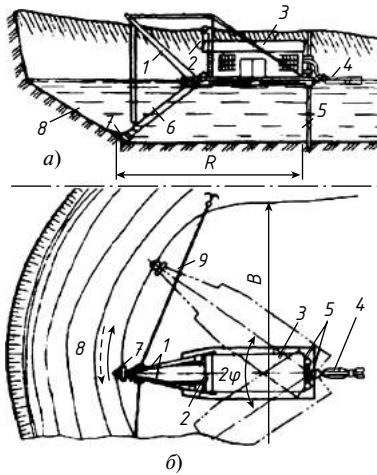


Рис. 7.2. Землесосный снаряд:

- a* — разрез; *б* — план; 1 — стрела подъема рамы рыхлителя; 2 — будка;
3 — надстройка; 4 — понтоны для плавучего трубопровода;
5 — папильонажные сваи; 6 — рамы рыхлительных устройств;
7 — фреза-рыхлитель; 8 — откос; 9 — папильонажные тросы

Разработку карьера гидромонитором производят двумя способами: с перемещением его по верху и по подошве забоя (рис. 7.3).

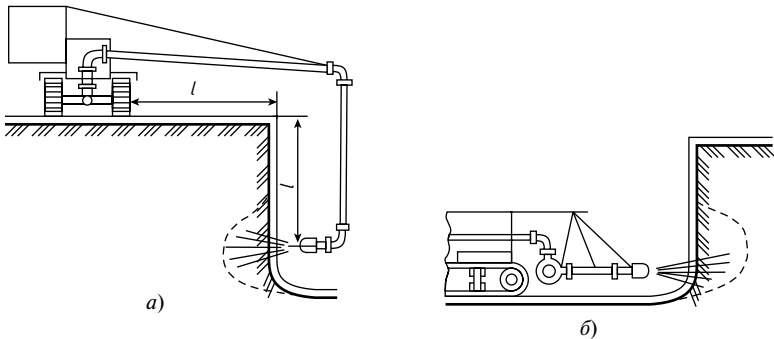


Рис. 7.3. Схема установки гидромонитора:

- a* — перемещение по верху забоя; *б* — перемещение по подошве забоя

Грунт, обрушенный гидромониторной струей и превращенный в гидросмесь, движется от основания забоя к приямку. Гидросмесь может двигаться самотеком при достаточной разности отметок между карьером и местом укладки грунта или под напором по трубопроводам с помощью землесосной установки.

При гидромониторном способе разработки грунта решающее значение имеет интенсивность размыва, которую определяют количеством воды, расходуемой на 1 м³ разрабатываемого грунта. Интенсивность размыва зависит от характера месторождения, связности и крупности частиц и зерен разрабатываемого грунта, высоты забоя, давления у насадки гидромонитора, расхода воды через насадку в единицу времени.

Расход воды зависит от напора, размеров и характеристики насадки:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH},$$

где μ — коэффициент расхода, равный 0,92...0,96; ω — площадь поперечного сечения насадки, м²; g — ускорение силы тяжести, м/с²; H — напор перед насадкой, м.

Для размыва и транспортирования крупных и среднезернистых песков грунтов расход воды составляет примерно 4...6 м³ воды на 1 м³ грунта при давлении 0,3...0,4 МПа.

Чем ближе к забою расположен гидромонитор, тем эффективнее его работа, однако по условиям безопасности минимальное расстояние допускается 1,2 h (h — высота забоя).

Землесосные установки применяют для разработки грунта под водой или гидросмеси, полученной от размыва грунта гидромониторами.

Глубина подводных забоев достигает 15 м. Плавучий замлесосный снаряд, поворачиваясь веерообразно в плане при помощи лебедок и тросов попеременно на одной из папильонажных свай, засасывает грунт с водой и перекачивает образовавшуюся гидросмесь к берегу по трубопроводу, смонтированному на плавающих понтонах.

Производительность работы гидромониторов и землесосов:

$$\begin{aligned} Q_{\text{гр}} &= Q/q; \\ \Pi &= Q_{\text{гр}} t K, \end{aligned}$$

где $Q_{\text{гр}}$ — производительность по грунту, м³/ч; Q — производительность по воде, м³/ч; q — удельный расход воды, м³/м³ грунта (в среднем 4...6); Π — производительность по грунту, м³ за смену; t — продолжительность смены, ч; K — коэффициент использования времени (в среднем 0,85).

7.2. Транспортирование и укладка грунта. Общая организация работ

Разработку грунта при помощи гидромониторов производят преимущественно встречными забоями. В забое устанавливают два гидро-

монитора: один разрабатывает грунт, а другой в это время перемещается на новую позицию. Расстояние между гидромониторами должно быть равно половине ширины забоя (примерно 10...15 м). Шаг передвижения гидромониторов составляет в среднем 6 м. Разработку выемок начинают с той стороны, с которой можно обеспечить свободный сток гидросмеси.

Гидросмесь, полученную при разработке грунта гидромониторами, можно транспортировать самотеком по канавам или лоткам непосредственно к месту укладки грунта, если местный рельеф позволяет обеспечить уклон и скорость течения, при которой не будет происходить оседание частиц грунта.

Минимальный уклон для песчаных грунтов — 3,5...10‰, для супесчаных — 3...4‰.

При неблагоприятных условиях рельефа и разработке грунта со дна водоемов гидросмесь подают по трубопроводу под напором, который рассчитан исходя из обеспечения минимально необходимой критической скорости течения. Критической скоростью течения гидросмеси в трубопроводе является скорость, которая обеспечивает взвешенное состояние всех частиц грунта в движущемся по трубе потоке.

Значение критической скорости находится в прямой зависимости от крупности и плотности транспортируемых частиц грунта. Для обеспечения необходимой скорости землесос и насосная перекачивающая станция должны создавать соответствующий напор, превышающий на 5% все потери в трубопроводах.

Насыпи автомобильной дороги намывают участками протяженностью 100...300 м, называемыми картами намыва. Карту намыва образуют путем устройства вала из грунта по контуру намываемого основания насыпи. Обвалование производят бульдозером вначале из грунта естественного основания насыпи, а затем с поверхности намыва очередного слоя. Технологический процесс намывных работ состоит из трех операций: подвода гидросмеси к карте намыва, выпуска гидросмеси на карту, отвода воды с карты намыва.

Намыв насыпи производят эстакадным, низкоопорным или безэстакадным способами (рис. 7.4...7.6).

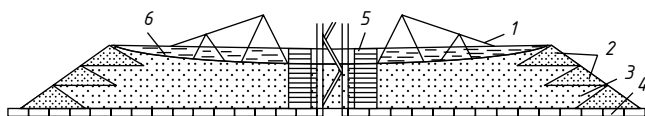


Рис. 7.4. Схема намыва насыпи при эстакадном способе:

1 — лоток; 2 — грунтовые валики; 3 — намытый грунт;
4 — отводные устройства; 5 — колодезь; 6 — гидросмесь

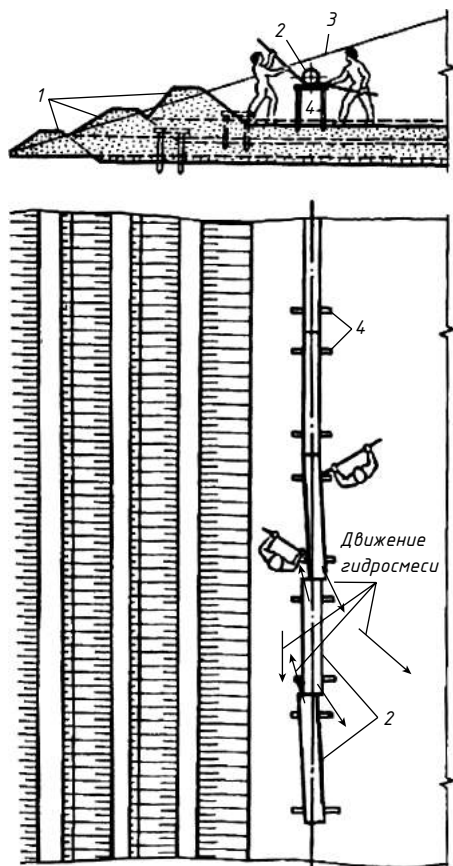


Рис. 7.5. Схема организации работ при низкоопорном способе намыва с рассредоточенным выпуском гидросмеси:

1 — валики обвалования; 2 — распределительные трубы;
3 — проектная линия откоса; 4 — низкие опоры

В транспортном строительстве применяют в основном безэстакадный способ. Осветленную воду отводят с карт намыва самотеком в сбросные колодцы, откачивают насосами или используют принцип сифона. Отработанная вода покидает земляное полотно также путем фильтрации через основание насыпи и откосы. Это явление часто вызывает деформацию откосов. Практика показывает, что деформация зависит от водопроницаемости грунта, из которого намывают насыпи, консистенции гидросмеси, подаваемой на карту намыва, и интенсивности ведения работ.

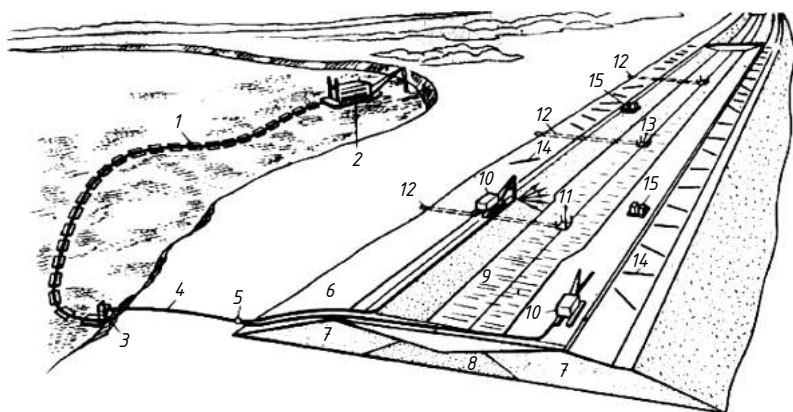


Рис. 7.6. Схема организации работ при двухстороннем безэстакадном намыве насыпи:

1 — плавучий трубопровод; 2 — землесосный снаряд; 3 — устройство для подключения плавучего трубопровода к береговому; 4 — береговой трубопровод; 5 — переключатель; 6 — распределительный трубопровод; 7 — боковые призмы; 8 — ядро насыпи; 9 — отстойник; 10 — кран; 11 — движение гидросмеси; 12 — водосборные трубы; 13 — водосборный колодец; 14 — трубы для наращивания; 15 — бульдозер

При намыве насыпи из крупнозернистых песков, которые более водонепроницаемы, чем мелкозернистые, происходит большая фильтрация через откосы, что вызывает и большее их оплывание. Подача на карту намыва чистой воды или гидросмеси пониженной консистенции способствует этому явлению.

Ежесуточный темп намыва по высоте более чем на 40 см запрещен. При намыве насыпей автомобильных дорог стремятся создать возможно больший фронт работ.

На каждый землесосный снаряд предусматривают не менее трех карт намыва, из которых одна находится под намывом, на другой в это время выполняют обвалование, а третья является резервной на случай отсутствия по тем или иным причинам возможности продолжать намыв на основной карте.

Намыв насыпей целесообразно начинать от краев карты. Для этого пульпу следует направлять к краям. Водоотводные колодцы располагают в центре карт. Для отвода воды из колодцев устраивают штольни с уклоном дна не менее 50‰ в низовую сторону. Штольню и колодец устраивают из водонепроницаемых материалов. На намывных участках насыпи водоотводные колодцы разбирают на глубину 1 м от верха насыпи, а оставляемые в теле насыпи нижние части колодцев замыкают дренирующим грунтом.

Насыпи намывают с запасом на осадку, равным 0,75% высоты насыпи при намыве из песчаных грунтов и 1,5% при намыве из смешанных грунтов. Для обеспечения проектных рамеров насыпей по ширине их первоначально намывают несколько шире проектной ширины (на 0,2...0,4 м в каждую сторону). Излишек грунта, намывшийся за пределы проектного очертания, снимают бульдозером или экскаватором для досыпки верхней части или перемещают бульдозером на соседние намывные участки насыпей. Элементы деревянных эстакад, поддерживающих трубы и лотки, по мере роста насыпи разбирают (за исключением стоек, которые оставляют в теле сооружения). Верхнюю часть стоек и раскосов эстакад после окончания намыва насыпи откапывают и срезают на глубину не менее 1 м от проектной отметки намываемого сооружения. Стойки инвентарных эстакад извлекают полностью из тела сооружения.

При строительстве дорог в Западной Сибири на сильно заболоченных территориях, а также на Севере широкое распространение получила технология земляных работ с применением гидромеханизации, предусматривающая предварительную заготовку гидронамывного грунта в штабель с последующей разработкой его экскаваторами или погрузчиками и транспортированием автомобилями к месту укладки в насыпь. В этом случае намыв в штабель осуществляют в летнее время.

Расстояние от места разработки грунта до штабеля может измеряться несколькими километрами благодаря применению перекачки пульпы. Песчаный грунт, намывшийся в штабель, достаточно быстро отдает гравитационную воду и осушается, благодаря чему зимой он находится в сухо-мерзлом (сыпучем) состоянии. Это дает возможность вести отсыпку земляного полотна из такого грунта в зимнее время, что очень важно для рассматриваемых районов, характеризующихся длинными и суровыми зимами.

ГЛАВА 8. СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА БОЛОТАХ

8.1. Типы болот. Конструктивно-технологические решения

Болотом называется участок суши, характеризующийся избытком влаги на поверхности или в верхних слоях грунтовой толщи и наличием специфических болотных отложений (болотных грунтов). При наличии слоя торфяных отложений болото называется торфяником, или торфяным болотом.

В пределах геологического разреза болота различают растительно-корневой слой, слабую толщу и дно болота. Слабая толща включает пласты слабых болотных грунтов, иногда переслаивающихся наносами более прочных грунтов. Слабая толща может включать в себя горизонты с остатками пней, а также слои жидких образований.

Конструкция земляного полотна на болоте выбирается в зависимости от типа болота, а также с учетом категории дороги, типа дорожной одежды и условий строительства. Выбор осуществляют на основе технико-экономического сравнения вариантов конструктивных решений. При этом в качестве генеральных конкурирующих вариантов рассматривают два принципиальных решения: удаление болотных грунтов из основания насыпи; использование слабой толщи в качестве основания с применением тех или иных конструктивно-технологических способов, обеспечивающих эту возможность.

Принято выделять три основных типа болот. Первый тип представляют болота, сплошь заполненные торфом. Второй тип — болота, включающие слой торфа, подстилаемыми слоем сапропеля или ила. Третий тип — болота с торфяным слоем, плавающим на поверхности воды.

Удаление болотных грунтов может осуществляться механическими средствами, гидромеханизацией, взрывным способом, а также путем отжатия (выдавливания) болотных грунтов под действием массы отсыпaeмой насыпи. Применяют и комбинированные способы. Удаление слабых грунтов снимает ряд проблем, однако оно сопряжено с большими объемами земляных работ и, кроме того, имеет технологические ограничения (например, удаление болотных грунтов механическими средствами практически осуществимо при глубине болот не более 4...5 м).

Использование слабых болотных грунтов в качестве основания насыпи резко снижает объемы земляных работ и, как правило, стоимость строительства, поэтому данный вариант должен всегда рассматриваться как основной из конкурирующих. Однако его осуществление требует выполнения дополнительных требований к земляному полотну:

- боковое выдавливание слабого грунта в основании насыпи в период эксплуатации должно быть исключено;

- интенсивная часть осадки основания должна завершиться до устройства покрытия (исключение допускается при применении сборных покрытий в условиях двухстадийного строительства);

- амплитуды упругих колебаний насыпей на торфяных основаниях при движении транспортных средств не должны превышать значений, допустимых для данного типа дорожной одежды.

При этом за завершение интенсивной части осадки принимается достижение 90% консолидации основания, или интенсивности осадки, не более 2 см/год при капитальных одеждах, и соответственно 80%, или 5 см/год, при облегченных одеждах.

Для обеспечения указанных дополнительных требований в настоящее время существует целый набор различных конструктивных и технологических решений.

8.2. Возведение насыпей с полным или частичным выторфовыванием

Удаление торфа с помощью машин, взрывным способом или с применением гидромеханизации обычно называют выторфовыванием. Выторфовывание возможно только на болотах I и II типа. До начала основных работ на болотах, так же как и на других участках, выполняют подготовительные работы, которые состоят из расчистки дорожной полосы от леса, осушительных работ и устройства подъездов для движения транспортных средств.

Несущая способность болотных грунтов очень низкая (14...18 кПа), поэтому для таких условий применяют машины специальной болотной модификации, давление которых на грунт составляет около 25 кПа, что также часто превышает допустимую нагрузку. Для улучшения условий работы проводят осушение болот путем строительства канав. Несущая способность осушенных болот равна приблизительно 30 кПа, что уже достаточно для прохода специальных машин, однако

при длительной работе машин с одной стоянки такая прочность болотного грунта все же мала.

Подготовительные работы часто выполняют в зимний период, когда при достаточной глубине промерзания можно применять обычные машины. При строительстве подъездных дорог на участках слабых грунтов применяют деревянные колеиные покрытия или покрытия из элементов сборного железобетона. В последние годы начали применять конструкции временных дорог в виде тонкослойного (40...80 см) насыпного песчано-гравийного слоя с геотекстильной прослойкой в основании.

Выторфовывание машинами

Для удаления торфа применяют бульдозеры или экскаваторы. При неглубоких осушенных болотах (до 1 м) или при естественном невысоком уровне воды над минеральным дном выторфовывание производят бульдозером путем послойной разработки торфа перпендикулярно оси дороги. Отвалы торфа располагают по краям выработки. На мелких болотах выторфовывание производится на полную глубину. Отсыпку насыпи на подготовленном участке делают при послойной укладке и уплотнении грунта. Для отсыпки нижней части насыпей на болотах допускают только дренирующие грунты: песчаные крупные или средней крупности, крупнообломочные или скальные, а также супеси — легкие крупные с содержанием глинистых частиц не более 6%. Толщина дренирующего слоя должна быть на 0,5 м больше общей глубины выторфовывания и осадки основания. Выторфовывание бульдозером экономичнее, чем экскаватором, и его применяют всегда при наличии необходимых условий.

При отсутствии таких условий выторфовывание производят экскаватором-драглайном, при этом возможны два способа разработки: при первом экскаватор перемещается непосредственно по поверхности болота или по переносным щитам и работает «на себя» (рис. 8.1, а); при втором экскаватор перемещается по отсыпаемой насыпи и работает «от себя» (см. рис. 8.1, б).

Отсыпку насыпи вначале ведут способом «с головы» до уровня, превышающего отметку поверхности болота на 50...60 см. Дальнейшую отсыпку насыпи до проектной высоты производят послойным способом.

Для уплотнения нижней части насыпи применяют метод временной пригрузки, механическое уплотнение трамбуемыми плитами и глубинное виброуплотнение. Грунт верхней части насыпи уплотняют обычным способом.

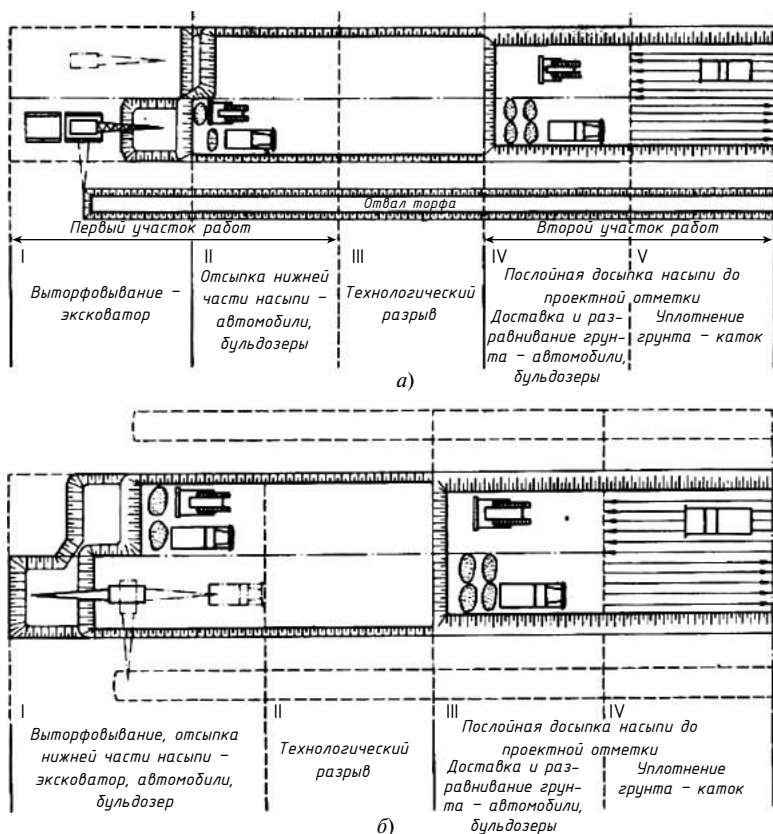


Рис. 8.1. Схема организации работ при выторфовывании экскаватором

Выторфовывание взрывным способом

Взрывные работы на болотах эффективны, и их применяют во всех случаях, когда позволяют условия обеспечения безопасности.

Взрывами можно производить полное и частичное удаление торфа, рыхление торфа (разрушение структуры), устройство торфоприемников, канав, выравнивание минерального дна или устройство упорных канав при значительном уклоне дна болота для предотвращения скольжения насыпи.

На болотах I типа обычно ведут разработку торфа на выброс с расчетом получения полного профиля до дна болота. Однако более экономично удаление верхней части торфа и разрушение структуры оставше-

гося торфа в нижней части. При полном выторфовывании на болотах I типа заряды заглубляют на всю толщину торфа, на болотах II типа — на глубину 0,7...0,8 слоя, предназначенного к выбросу, а нижний слой (сапропель) отжимается массой грунта при отсыпке насыпи.

Выторфовывание взрывным способом выполняют продольными или поперечными траншеями. Продольные траншеи применяют лишь при возможности подъезда к ним транспортных средств с грунтом, транспортировании узкоколейным транспортом или автомобилями при наличии вспомогательной дороги. Обычно же ведут разработку поперечными траншеями под углом 45° к оси дороги. Удлиненные заряды размещают в наклонных скважинах через 2,0...2,5 м. После взрыва образуется траншея шириной 2...3 м, которую немедленно заполняют грунтом сооружаемой насыпи. Грунт доставляют автомобилями и сдвигают в траншеи бульдозером.

Выторфовывание способом гидромеханизации

Этот способ эффективен при сооружении земляного полотна при определенных условиях: при достаточно больших объемах работ, сосредоточенных на небольшом участке дороги; наличии достаточного объема воды и дешевой электроэнергии. При возведении земляного полотна на участках болот такие благоприятные условия встречаются сравнительно редко, однако, если они имеются, применение гидромеханизации весьма эффективно.

Сущность работ состоит в размыве торфа мощной струей воды, в результате чего образуется рыхлая жидкая масса, которая легко отжимается грунтом возводимой насыпи.

На болотах I типа торф размывают гидромонитором, гидросмесь перекачивают передвижными землесосными установками в отвал. Образовавшуюся траншею заполняют грунтом насыпи при отсыпке ее с «головы» или комбинированным способом.

На болотах II и III типа производят только размыв верхнего спланированного слоя торфа гидромониторами. Разжиженный торф не удаляют, а отжимают грунтом насыпи в боковые прорези, сделанные также гидромонитором.

Отсыпку грунта насыпи производят с помощью машин или также способом гидромеханизации. Грунт для насыпи получают путем размыва гидромонитором в карьере или добычей со дна водоема землесосной установкой. Намыв осуществляют безэстакадным способом путем укладки трубопровода непосредственно на поверхность намываемой насыпи.

Удаление болотных отложений путем их отжатия массой насыпи

Этот способ применяют главным образом на болотах III строительного типа. Массой насыпи в процессе ее сооружения вытесняют болотный грунт, и она опускается на дно. При применении этого способа необходимы специальные меры, обеспечивающие беспрепятственное и равномерное опускание насыпи на основание.

При очень прочном слое сплавнины, не поддающейся рыхлению, ее прорезают за пределами подошвы насыпи, допуская выжимание только нижних слоев, а верхний сплавинный слой опускается вместе с насыпью на дно и остается там. Прорезы сплавнины одновременно выполняют и функции торфоприемников, облегчая выдавливание нижних слоев болота (рис. 8.2). Прорезы-торфоприемники устраивают на расстоянии 3...4 м от подошвы насыпи с помощью взрывов или экскаваторов.

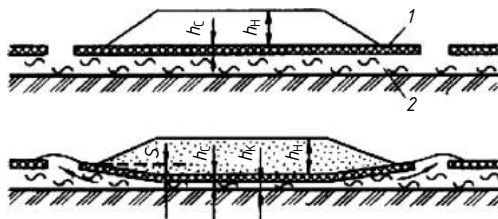


Рис. 8.2. Схема посадки насыпи с подготовкой прорезей-торфоприемников:
 h_n — толщина насыпи; h_c — толщина уплотненного слоя болотной массы, оставшейся под насыпью; h_k — толщина сплавнины; S — осадка насыпи вследствие выдавливания и уплотнения основания; 1 — промороженный слой болотной массы; 2 — талый слой болотной массы

8.3. Возведение насыпей без выторфовывания

Как следует из изложенного ранее, полное и частичное выторфовывание является сложным и дорогостоящим мероприятием, что служит предпосылкой для постоянного поиска альтернативных — более простых и дешевых методов. Существо их состоит в том, чтобы в зависимости от строительного типа болот предпринимать меры, направленные на повышение устойчивости основания насыпи, ускорение его осадки или повышение динамической устойчивости насыпи.

Метод предварительной (опережающей) консолидации

Этот метод представляет собой технологический прием, при котором исключается выдавливание слабых грунтов из-под насыпи при возведении ее на болоте II строительного типа. Способ предусматривает отсыпку насыпи в определенном режиме. Режим назначается по расчету исходя из того, чтобы фактическая нагрузка на основание насыпи в любой момент ее возведения не превышала бы безопасной нагрузки (т.е. максимальной нагрузки, при которой еще невозможно выдавливание слабого грунта из-под насыпи) в тот же момент времени. Нагрузка определяется с учетом достигнутой к этому моменту степени консолидации значений прочностных характеристик слабого грунта (сцепления и угла внутреннего трения).

При этом способе чрезвычайно важно контролировать степень консолидации основания (например, по изменению влажности грунта и путем испытаний на сдвиг крыльчаткой) и следить за тем, чтобы интенсивность отсыпки насыпи не превышала допустимой нормы.

Метод временной пригрузки

Такой технологический прием обеспечивает ускорение осадки основания насыпи. Он заключается в том, что насыпь возводится на проектную ширину, но временно большей высоты на толщину слоя временной пригрузки (рис. 8.3). Последняя рассчитывается исходя из условия, чтобы проектная осадка основания насыпи, установленная для насыпи проектной высоты, была бы достигнута насыпью увеличенной высоты к заданному моменту времени. Когда осадка насыпи достигнет проектного значения, слой временной пригрузки должен быть удален, благодаря чему получают практически безосадочное основание.

При применении такого метода необходимо следить за тем, чтобы нагрузка от возводимой насыпи с учетом пригрузки не превышала безопасной по условию выдавливания слабого грунта. При необходимости для соблюдения указанного условия способ временной пригрузки комбинируют со способом предварительной консолидации.

При использовании этого метода (так же как и всех способов, связанных с использованием слабой толщи в качестве основания) необходимо контролировать отсыпку насыпи не только по высотным отметкам, но и по толщине насыпного слоя.

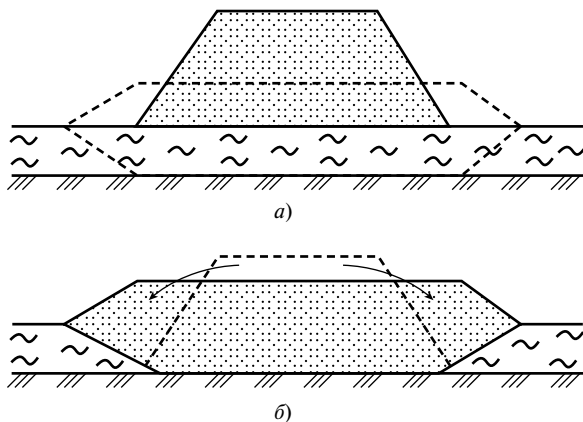


Рис. 8.3. Схема посадки насыпи на дно болота по методу перегрузки: *а* — первоначальный поперечный профиль насыпи; *б* — поперечный профиль насыпи после осадки и доработки ее до проектной отметки

Возведение земляного полотна с дренажными прорезями и вертикальными дренами в основании

Эти решения применяют при необходимости ускорить осадку основания на болотах I и II строительного типа.

Земляное полотно с дренажными прорезями (иногда эту конструкцию называют земляным полотном с продольными прорезями) устраивают на болотах I типа глубиной до 3 м. При большей глубине применяют конструкцию с вертикальными дренами.

Прорези разрабатывают одноковшовыми или многоковшовыми экскаваторами с ходовой частью болотной модификации. Технология работ включает в себя устройство прорезей экскаваторами, доставку дренирующего грунта (песка) автомобилями или другими транспортными средствами, перемещение песка и засыпку прорезей бульдозером, послойную отсыпку насыпи до необходимой высоты.

Разработку прорезей экскаватором производят «на себя», переходя в пределах захватки с одной траншеи на другую. Заполнение траншей ведут одновременно с возведением первого слоя насыпи. Схема производства работ по строительству земляного полотна с дренажными прорезями приведена на рис. 8.4.

Строительство земляного полотна с вертикальными дренами включает в себя следующие основные технологические процессы: отсыпку песчаного слоя, сооружение вертикальных дрена, возведение насыпи

до высоты, обеспечивающей необходимую пригрузку, снятие пригрузочного слоя и выравнивание земляного полотна.

Вертикальные дрены делают различными способами: забивкой специального рабочего органа (пуансона), а затем засыпкой образовавшейся скважины песком; забивкой или вибропогружением специальной обсадной трубы, которую заполняют песком, а затем извлекают, оставляя столб из песка в болотной массе; гидробурением скважины с последующей засыпкой ее песком; погружением дренажных лент из картона, пластмассы или геотекстиля.

Наиболее широко применяют способ погружения обсадной трубы. При погружении конец трубы закрывают пробкой из бетона, которая остается на дне каждой дрены, или открывающимся при подъеме наконечником.

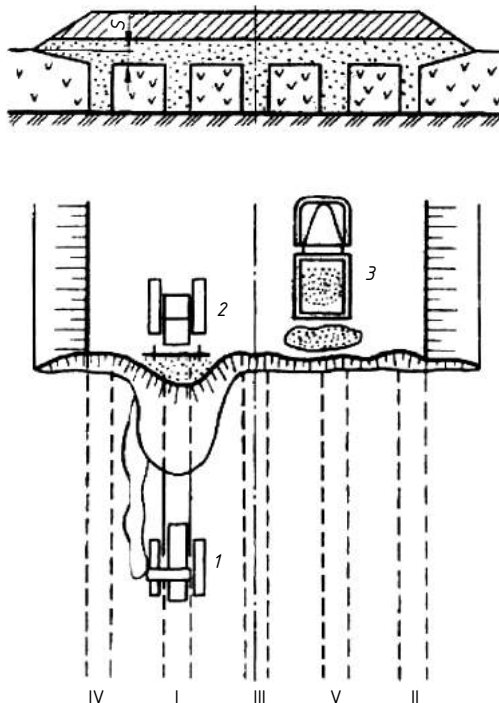


Рис. 8.4. Схема земляного полотна с дренажными прорезями:
 1 — устройство прорези многоковшовым экскаватором; 2 — заполнение прорези грунтом с помощью бульдозера; 3 — доставка грунта автомобилями; I...V — последовательность устройства прорезей

Технологическая схема возведения земляного полотна с вертикальными дренами приведена на рис. 8.5. При сооружении вертикальных дренах путем продавливания торфа происходит его уплотнение вокруг скважины, что ухудшает фильтрацию воды.

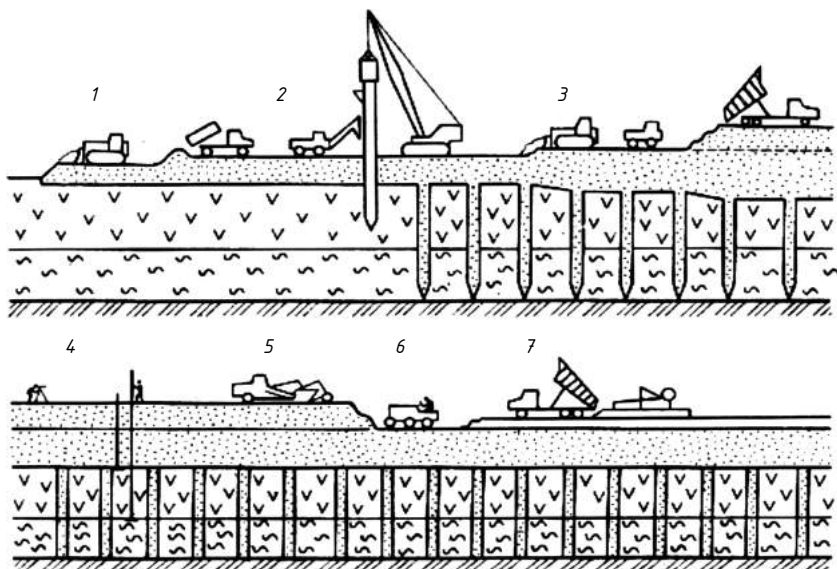


Рис. 8.5. Схема земляного полотна с вертикальными дренами:
 1 — надвигка бульдозером рабочего слоя; 2 — сооружение дрена с загрузкой песком; 3 — наращивание земляного полотна до проектной отметки и укладка грунта временной пригрузки; 4 — контроль осадки; 5 — снятие пригрузочного грунта; 6 — доуплотнение земляного полотна; 7 — строительство дорожной одежды

Применение гидробурения устраняет этот недостаток, кроме того, этот способ считают более экономичным. Оборудование для гидробурения, состоящее из гидробура, в который подают воду под давлением 0,3...0,5 МПа, и обсадной трубы, по которой выводят гидросмесь, монтируют на кране или экскаваторе со стрелой драглайна, а также на тракторе со специальным оборудованием.

Песчаный материал, используемый для заполнения дрена и разрезов, должен обладать высокой водопроницаемостью с коэффициентом фильтрации не менее 3, а дрена — 6 м/сут.

Для устройства дрена из картонных фитилей и лент из геотекстиля используют специальное оборудование. Рабочий орган прямоугольного сечения (или круглого сечения малого диаметра) имеет внутреннюю

полость, куда помещается дренирующая лента. Толща пробивается рабочим органом, а при его извлечении дренирующая лента остается в толще.

Устройство грунтовых свай в основании

Если необходимо повысить устойчивость основания и снизить его осадку, грунтовые сваи устраивают способом продавливания обсадной трубой с раскрывающимся или оставляемым наконечником, т.е. с помощью того же оборудования, что и при устройстве вертикальных песчаных дрен. В данном случае уплотнение толщи вокруг обсадной трубы повышает эффективность конструкции. Кроме того, в отличие от песчаных дрен к материалу грунтовых свай не предъявляются ограничения по водопроницаемости. Вместе с тем рекомендуется использовать песчаные или гравелистые грунты, обладающие достаточной прочностью в воде и легко уплотняющиеся при вибрировании.

8.4. Использование торфа для строительства насыпей на болотах

В некоторых заболоченных районах возникают трудности с получением супесчаного или песчаного грунта для отсыпки насыпи на болотах. В связи с этим изыскивались способы использования для насыпей местного материала — торфа. Одним из таких способов является возведение земляного полотна на замороженном слое торфа с устройством боковых прорезей для ускорения осадки насыпи.

Нижнюю часть насыпи отсыпают из торфа, а верхнюю — из супесчаного грунта (рис. 8.6). Строительные работы осуществляют в зимнее время. Наличие замороженного на 0,5 м слоя торфа в основании насыпи обеспечивает равномерное распределение давления на болотную массу, а расположенные вдоль основания насыпи прорези устраняют связь его с боковыми участками болота. В результате этого происходит равномерная осадка и консолидация болотных грунтов в основании. Технология строительства таких насыпей следующая: подготовительные работы; возведение нижней части насыпи из торфа (торфяной плиты); разработка боковых прорезей; возведение верхней части насыпи из супесчаного грунта.

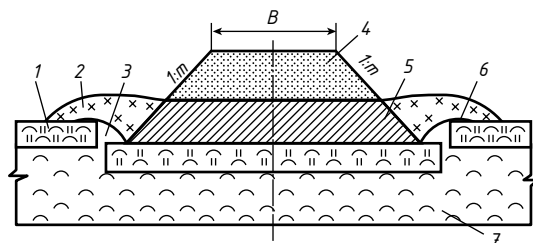


Рис. 8.6. Схема конструкции земляного полотна на промороженном основании:
 1 — промороженный слой торфяной залежи; 2 — валы снега;
 3 — боковые прорезы; 4 — верхняя часть земляного полотна из супесчаного грунта; 5 — нижняя часть земляного полотна из торфа; 6 — геотекстиль (НСМ); 7 — талая торфяная залежь

Работы начинают осенью с подготовки карьера супесчаного грунта и подъездных путей для доставки торфа и грунта. Грунт в карьерах предохраняют от промерзания предварительным рыхлением поверхности, устройством утепляющих слоев из снега или другого материала. Подготовка торфяного карьера состоит в подготовке путей для движения экскаватора по болоту. В целях ускорения промерзания грунта на этих путях с наступлением устойчивых отрицательных температур удаляют снеговой покров.

Подготовка дорожной полосы состоит в обеспечении быстреего промораживания торфяной залежи (основания), очистке дорожной полосы от снега, мохового покрова, кустарника и систематической расчистке от выпадающего снега. Эту работу выполняют бульдозерами. Начинать работу можно лишь тогда, когда толщина промерзшей торфяной залежи достигнет достаточной величины и будет обеспечена ее несущая способность. Минимальная толщина промерзшего слоя: 24 см — для бульдозеров массой 10 т, 35 см — для бульдозеров массой 15 т и 48 см — для 25-тонных бульдозеров. Прочность основания устанавливает лаборатория путем периодического бурения и определения глубины промерзания в пределах дорожной полосы. Расчистку производят на полосе промерзания шириной больше ширины основания насыпи на 5 м с каждой стороны.

После того как толщина промороженного основания достигнет 0,5 м, приступают к отсыпке торфяной плиты — нижней части насыпи. Плиту отсыпают слоями по 0,4...0,5 м из торфа, доставляемого автомобилями из карьеров. Разравнивание слоев торфа производят бульдозерами. Первоначальное уплотнение происходит в результате проходов бульдозера. Для большей эффективности уплотнения про-

ходы бульдозера в обратном направлении рекомендуется выполнять с опущенным отвалом. После отсыпки торфяной плиты на всю толщину производят ее доуплотнение пневмоколесными катками массой 20...25 т за три-четыре прохода по одному следу. Образовавшаяся торфяная плита должна возвышаться над поверхностью болота (с учетом конечной осадки) примерно на 0,3...0,4 м.

Одновременно с отсыпкой торфяной плиты ведут нарезку боковых прорезей на расстоянии 1,0...1,5 м от проектного положения подошвы насыпи. Прорези нарезают с обеих сторон на всю глубину промерзшей торфяной залежи баровой машиной. Сразу после нарезки прорези перекрывают геотекстильным материалом (полотно раскатывают на всю ширину рулона вручную). Полотна раскладывают, соединяя их сваркой или сшиванием. Прорези, перекрытые геотекстильным материалом, засыпают снегом на 0,5...0,6 м для закрепления их положения и защиты от промерзания.

После отсыпки торфяной плиты возводят верхнюю часть насыпи. Супесчаный грунт разрабатывают в карьере экскаваторами и транспортируют на автомобилях. Разработку карьера и отсыпку насыпи выполняют по правилам ведения земляных работ в зимнее время. Отсыпку верхней части насыпи из супесчаного грунта можно выполнять не сразу. Если эта часть насыпи значительна, например 1,5 м, то ее вначале отсыпают на высоту 0,9 м, а затем на оставшуюся (0,6 м) часть.

ГЛАВА 9. СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД И В ОСОБЫХ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ

9.1. Особенности зимних земляных работ

Зимой ведут разработку выемок и резервов в сухих песках, гравийно-галечных и скальных породах, возведение насыпей из сосредоточенных резервов, разработку сухих выемок глубиной более 3 м из глинистых грунтов, устройство насыпей из песчаных грунтов на болотах, выторфовывание, устройство дренажных прорезей; можно выполнять и другие земляные работы, но по индивидуальным проектам производства работ. Конструктивные параметры земляного полотна и нормы плотности грунтов сохраняются и не зависят от времени выполнения строительных работ.

Основными особенностями зимних земляных работ являются отрицательная температура воздуха, наличие снега и льда. К достоинствам зимнего сезона следует отнести существенно улучшающиеся условия проезда, а иногда, как, например, в районах Крайнего Севера, многих районах Сибири и в ряде районов Дальнего Востока, зимой создаются единственно возможные условия доступности мест строительства. В этих условиях зимой значительно проще вести работы по выторфовыванию и отсыпке насыпей на болотах, особенно без выторфовывания, удобно строить временные дороги и обеспечивать временный проезд к карьерам и любым объектам, действующим в зимний период. Для указанных районов ведение зимних работ представляется важным и вследствие того, что зимний сезон в этих обширных областях весьма продолжительный.

Основными недостатками работы в зимних условиях являются: промерзание грунта, которое осложняет его разработку; включения мерзлых комьев в составе грунта и усложнение уплотнения; необходимость очистки оснований земляных сооружений от снега и льда; потребность в зимней одежде для рабочих; трудности в обеспечении комфортных условий для работы людей и техники. По этим причинам работу зимой проводят с концентрацией машин на малом фронте и с высокими темпами выполнения; предпочтительно выполнение

земляных работ в три смены. В этом случае можно выполнить все технологические операции по разработке карьера и отсыпке насыпи до замерзания грунта как в карьере, так и в насыпи до завершения работ по уплотнению грунта.

Выполнение земляных работ в зимний период позволяет продлить строительный сезон; полнее и равномернее использовать дорожно-строительные машины в течение всего года; закрепить на стройке постоянные кадры квалифицированных рабочих; ускорить строительство и уменьшить накладные расходы.

Эффективное выполнение земляных работ в зимнее время требует подготовки в предшествующий период. Заранее должны быть подготовлены основания под насыпями, предназначенными к строительству в зимнее время, — проведены расчистка полосы от леса с корчевкой пней, уборка валунов, планировка и уплотнение естественного основания. В последующем перед началом отсыпки насыпи эти основания тщательно очищают от снега и льда на протяжении сменной захватки. Если насыпи возводятся на сильнопучинистых грунтах в районах с глубиной промерзания более 1,5 м, нижние слои (1,2...1,5 м) устраивают до наступления зимы.

Подготовку грунтовых карьеров и выемок, которые будут разрабатывать зимой, осуществляют в период до наступления устойчивой отрицательной температуры воздуха. К таким работам относят корчевку деревьев и срезку кустарников, строительство подъездных дорог, устройство теплоизолирующих слоев на поверхности выемки или карьера либо использование химических реагентов для предотвращения промерзания грунта.

Наиболее эффективным и технологичным видом теплоизоляции является розлив вспенивающегося теплоизоляционного материала — пенополиуретана. Технология работ и техника для образования состава и розлива на защищаемые поверхности разработаны и освоены практически строительными организациями. Возможно также предохранять эти поверхности от промерзания путем вспашки и боронования, а также укрытием листвой, опилками, соломой, торфом, шлаком. Обычно все эти материалы, как и вспаханный грунт, хорошо предохраняют от промерзания и обходятся относительно дешево по сравнению с электро- или парооттаиванием и рыхлением мерзлого грунта молотами, взрывами или другими рыхлителями.

Необходимые расчеты толщины слоя теплоизоляции выполняют согласно Инструкции по производству работ в зимнее время.

9.2. Разработка выемок и возведение насыпей при отрицательных температурах

Возведение насыпей в зимнее время из скальных и крупнообломочных грунтов, а также из непылеватых песков возможно без ограничений. При влажности менее оптимальной можно возводить насыпи из глинистых грунтов и пылеватых песков. Допускается применять в зимнее время и глинистые грунты повышенной влажности при условии обеспечения устойчивости земляного полотна по индивидуально разработанному проекту производства работ. Связные грунты следует применять в талом виде, что обеспечивается трехсменной работой техники и прикрытием поверхности выемок теплоизоляционными материалами.

В тех же случаях, когда в теле насыпи могут оказаться комья мерзлого грунта, их размер и количество ограничиваются, а распределение в теле насыпи должно быть равномерным. Так, общее количество комьев не должно превышать 30% общего объема насыпи, а размеры комьев при уплотнении насыпи решетчатыми катками, трамбующими машинами или плитами не должны превышать 30 см, при уплотнении грунтов пневмоколесными и вибрационными катками — 15 см. Комья не должны располагаться ближе 1 м от поверхности откосов.

Уплотнение грунтов до требуемой плотности необходимо провести до их замерзания. Вследствие этого режим работы уплотняющих средств устанавливают по результатам опытного уплотнения на каждом объекте зимних работ в конкретных погодных условиях строительства.

Для успешного уплотнения грунтов необходимо применять тяжелые решетчатые и кулачковые катки, а также тяжелые трамбовщики. Этими средствами уплотняют грунт в толстых слоях, эффективно дробят мерзлые комья; трамбовки хорошо работают на малых захватках.

Разрабатываемую поверхность выемки или резерв очищают от снега и льда не более чем на одну смену вперед и в дальнейшем площадь очистки перед началом работ определяют по сменной производительности землеройной техники при соответствующей температуре воздуха. Разработку грунта экскаватором с вместимостью ковша не менее 0,65 м³ (рис. 9.1) ведут непрерывно; только при сильных снегопадах и метелях работу прекращают и начинают вновь лишь после полного удаления снега и льда. Длину захватки определяют исходя из необходимости закончить уплотнение такого грунта до того момента, когда его температура понизится до -2°C .

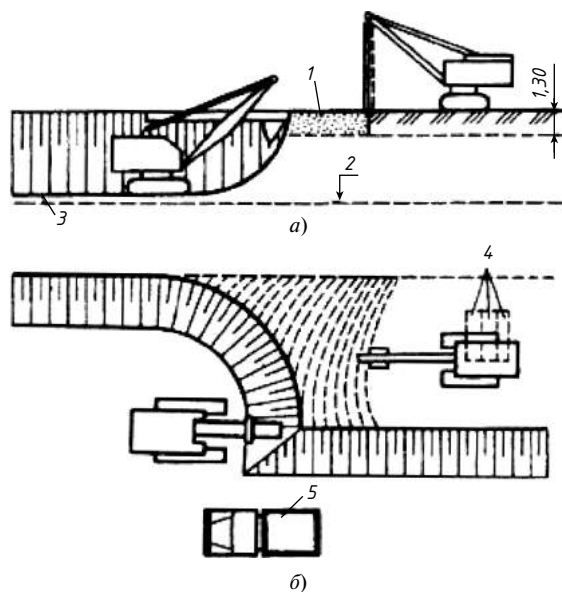


Рис. 9.1. Схема разработки выемок глубиной до 5 м в зимних условиях экскаватором, оборудованным «прямой лопатой», при рыхлении мерзлого слоя дизель-молотом:

a — разрез; *б* — план; 1 — мерзлый слой; 2 — проектная отметка на выемке; 3 — недобор грунта 0,2 м; 4 — шаг передвигки; 5 — автомобиль-самосвал

Грунт в насыпи укладывают горизонтальными слоями во избежание образования плоскостей скольжения. Толщина слоя зависит от имеющихся средств уплотнения.

В тех случаях, когда меры по предохранению грунта от промерзания в грунтовом карьере не были приняты или оказались недостаточными, приходится разрабатывать мерзлые грунты. Для рыхления верхней мерзлой корки применяют тракторные рыхлители, а при малой ее толщине (0,1...0,2 м) — скалывающие ножи и зубья, монтируемые к отвалам бульдозеров. Без предварительного рыхления разрабатывают слой мерзлого грунта толщиной 0,25...0,4 м экскаваторами с «прямой лопатой» вместимостью ковша 0,65...1,0 м³. При глубине промерзания более 0,4 м для механического рыхления (дробления) грунтов применяют ударные рыхлящие приспособления в виде клина или шара массой 2,0...2,5 т, подвешиваемые к стрелам экскаваторов, или скалывающие клиновые рыхлители, погружаемые дизель-моторами.

Если объект расположен вне населенного пункта и объем работ достаточно большой, рыхлить и разрабатывать мерзлые грунты можно

взрывом на выброс — в отвал. В зависимости от глубины промерзания применяют шпуровые или скважинные заряды. Для забойки зарядов используют песок, шлак или измельченный талый грунт. Разрыхленный взрывами грунт убирают в течение смены, а при сильных морозах (ниже -20°C) во избежание повторного смерзания грунта — в течение 3...4 ч.

9.3. Возведение земляного полотна в песчаных пустынях

В заросших песках условия строительства и эксплуатации дорог гораздо легче, так как здесь нет подвижных форм рельефа и заносы при правильном ведении строительных работ могут быть совсем исключены. В этих условиях земляное полотно следует возводить, по возможности не нарушая растительного покрова и исключая использование боковых резервов. Грунт для насыпей берут из выемок или грунтовых карьеров.

Лучшее время года для производства земляных работ — зима и весна, когда песок становится влажным и легко проходимым для машин. Производительность бульдозеров и скреперов в этот период становится выше. Помимо рационального выбора времени производства работ в комплекс мероприятий, обеспечивающих незаносимость дороги или ее эффективную защиту от песка, входит правильный выбор конструкции земляного полотна и соблюдение особых правил при производстве земляных работ.

Поперечный профиль дороги должен обеспечивать безаккумуляционный перенос песка через дорогу, т.е. иметь обтекаемую форму с откосами насыпей и выемок не круче 1:2. Откосы и обочины необходимо укреплять для предохранения земляного полотна от выдувания песка.

Придорожные полосы в местах, где образуются песчаные заносы, планируют бульдозером на ширину не менее 15...40 м с одной или двух сторон дороги. Большая ширина полосы (25...40 м) необходима в местах, где образуются крупные формы рельефа (барханы и цепи барханов); в местах, где образуются мелкие формы рельефа, ширину полосы сокращают до 15...20 м. Эти полосы спланированного песка при эксплуатации периодически очищают от наносов песка. За пределами спланированных полос устраивают отсечную полосу, закрепленную

щитами, битумной пленкой или растительностью на ширину 25...150 м и более в зависимости от характера рельефа песков, степени их подвижности и условий произрастания растительности.

В качестве защитного слоя на обочинах, откосах, на берме шириной 1...2 м от подошвы откоса, а также в основании дорожного покрытия поверх песчаной насыпи укладывают слой связного грунта (легкого суглинка или обработанного жидким битумом песка) толщиной 10...25 см.

При уплотнении покрытия материал благодаря прослойке связного грунта не смешивается с нижележащим песком, а на обочинах и откосах песок не выдувается.

При создании незаносимого профиля дороги в условиях подвижных песков на придорожной полосе в пределах 40...50 м от оси с каждой стороны выравнивают резервы и кавальеры, убирают остатки материалов, так как всякие неровности могут стать местами начального накопления песка.

Для планировки и надвижки песка в насыпь применяют бульдозеры с уширителями отвалов. Во избежание выдувания песка из насыпи земляные работы в местах пересечения подвижных форм рельефа ведут небольшими участками, чтобы за смену помимо возведения насыпи осуществить также и укладку по песку защитного слоя в основании и на откосах насыпи.

Для защиты дороги от песчаных заносов наиболее радикальной мерой является посадка на придорожной полосе растительности, не требующей много влаги, а также обработка откосов и обочин битумными и другими вяжущими материалами (полимерными смолами).

В состав дорожно-строительного отряда по возведению земляного полотна на сыпучих песках помимо бульдозеров для расчистки и планировки основания и надвижки песка в насыпь с планируемых придорожных полос включают автогрейдер для разравнивания песка в насыпи и на придорожной полосе, поливомоечные машины, пневмоколесные катки для уплотнения насыпи слоями по 30 см, скреперы или прицепные тракторные тележки для подвозки связного грунта для защитного слоя.

Уплотнение барханных песков следует вести вибрационными катками. Режим работы при уплотнении определяется пробной укаткой. Пылеватые пески уплотняют с поливкой водой. После уплотнения насыпь немедленно покрывают связным грунтом, который уплотняют с поливкой водой.

9.4. Возведение земляного полотна в засоленных грунтах

Легкорастворимые соли в присутствии воды понижают водоустойчивость грунтов земляного полотна. Избыток солей препятствует уплотнению засоленного грунта до оптимальной плотности, поэтому не всякий засоленный грунт пригоден для возведения земляного полотна. Возможность его использования устанавливают в результате лабораторного анализа, на основе классификации грунтов по степени засоления.

Основными типами засоленных грунтов являются солончаковые и солонцовые, а также такырные грунты. Степень засоления грунтов характеризуют средним, выраженным в процентах от массы сухого грунта суммарным содержанием легкорастворимых солей (хлористого натрия, сернокислотного натрия, углекислого натрия и др.) в слое грунта, подлежащего перемещению в насыпь. Качественный характер засоления характеризуют отношением содержания в грунте ионов хлора Cl к содержанию ионов SO_4 .

Возможность использования засоленных грунтов для возведения земляного полотна зависит от климатического района, степени и качественного характера засоления грунтов. Массовую долю труднорастворимых солей (гипс) допускают при отсыпке грунта в насыпь до 3%.

Засоление	Массовая доля, %
Хлоридное	2
Сульфатно-хлоридное	1...2
Хлоридно-сульфатное	0,3...1
Сульфатное	0,3
Содовое	—

При возможности обхода трассой участков с избыточно засоленными грунтами земляное полотно отсыпают из незасоленных грунтов (желательно дренирующих) с принятием мер против их засоления. В условиях сильнозасоленных грунтов земляное полотно устраивают в насыпях с возвышением низа одежды над поверхностью земли и над уровнем грунтовых вод на 20% выше, чем при обычных незасоленных грунтах.

При сильнозасоленных связных грунтах одним из способов повышения устойчивости земляного полотна и предотвращения избы-

точного засоления по капиллярам грунта верхних слоев в теле насыпи на всю ее ширину на глубине 65...75 см или непосредственно под одеждой является размещение капилляропрерывающей прослойки толщиной 15...20 см из гравия размером 10...20 мм. Для предохранения прослойки от загрязнения грунтом снизу и сверху от нее укладывают слои крупного песка или каменной мелочи толщиной 3...5 см.

Для дорог на засоленных грунтах применяют конструктивные профили, изображенные на рис. 9.2. На рисунке 9.2, *а* показан профиль с крутизной откоса 1 : 3 при высоте насыпи до 2 м. При большей высоте насыпей или при насыпях из привозных грунтов (см. рис. 9.2, *б*) крутизну откосов принимают 1 : 1,5 — при слабозасоленных и 1 : 2 — при сильнозасоленных грунтах. Для улучшения отвода воды из резервов в них на расстоянии 0,5...1 м от внешнего края устраивают продольные лотки (см. рис. 9.2, *в*). На солончаках и солонцах при необеспеченном отводе воды из резервов устраивают бермы шириной 1,5...2 м между подошвой насыпи и резервом (см. рис. 9.2, *г*). При возведении насыпей на солончаках одновременно с устройством ирригационных каналов резервы совмещают с коллекторами глубиной до 2,5...3 м (см. рис. 9.2, *д*). В этом случае между подошвой насыпи и бровкой коллектора оставляют берму шириной не менее 3...4 м. Крутизну откосов коллекторов и внешних откосов резервов принимают 1 : 1,5.

При необходимости пересечения мокрых солончаков (глинистых и суглинистых), находящихся в переувлажненном состоянии вследствие близкого залегания грунтовых вод, насыпи возводят из привозного грунта, желательно песчаного или супесчаного.

Земляные работы начинают выполнять, когда влажность грунтов близка к оптимальной. Наиболее рациональными периодами в году для производства земляных работ на засоленных грунтах являются: на глинистых солончаках с высоким уровнем грунтовых вод — лето и осень (до начала дождей); на песчаных солончаках с высоким уровнем грунтовых вод — весна, начало лета. В условиях сильного засоления грунтов при отсыпке невысоких насыпей земляные работы проводят весной, когда засоление в верхних горизонтах (резервах глубиной 0,5 м) снижается.

Тонкие корки солей, встречающиеся летом на солончаках, перед возведением насыпи срезают бульдозером с поверхности резервов и основания насыпи и отодвигают на 15...20 м от резервов.

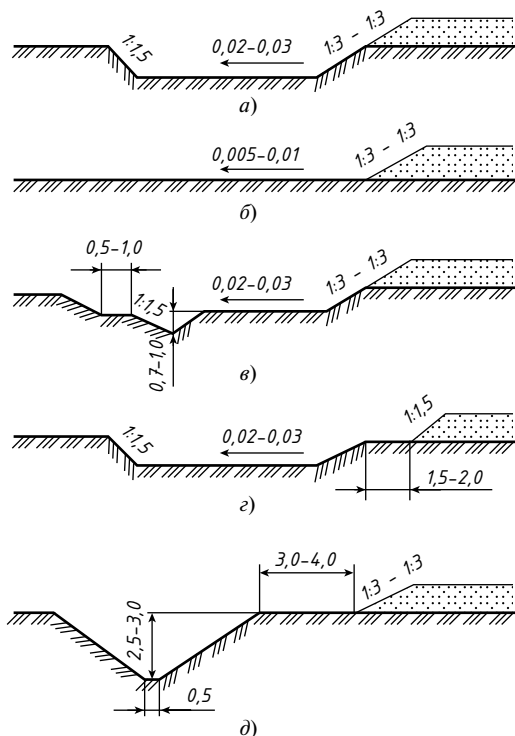


Рис. 9.2. Поперечный профиль земляного полотна на засоленных грунтах

Грунт разрабатывают в резервах с перемещением в насыпь бульдозерами или автогрейдерами. Грейдер-элеватор для возведения насыпей на солончаках можно применять при залегании грунтовых вод не ближе 1 м от поверхности земли.

Насыпи из поверхностного грунта на солончаках отсыпают скреперами или автомобилями-самосвалами в зависимости от дальности возки; отсыпку грунта ведут «с головы». Насыпь отсыпают сначала выше рабочей отметки, но не на полную ширину земляного полотна, затем бульдозерами надвигают грунт в стороны с одновременным его уплотнением. Во избежание прилипания грунта влажность при уплотнении солонцовых и такырных грунтов доводят до 0,9 оптимальной. При естественной влажности связного грунта выше оптимальной уплотнение каждого слоя начинается лишь после его предварительного подсушивания на воздухе.

9.5. Возведение земляного полотна в районах вечной мерзлоты

Вечномерзлые грунты занимают приблизительно $\frac{1}{5}$ земной поверхности.

В зависимости от географического положения в I дорожно-климатической зоне мощность сезонного оттаивающего слоя изменяется от 0,2...0,6 м в зоне арктической пустыни и тундры у побережья Северного Ледовитого океана до 3 м и более. Для этих районов характерно широкое распространение тонкодисперсных пучинистых грунтов.

На основе многолетних исследований и опыта строительства сформулированы три основных принципа возведения земляного полотна.

1. Обеспечение поднятия верхнего горизонта вечной мерзлоты (ВГВМ) до подошвы насыпи и сохранение ее в этом уровне в течение всего периода эксплуатации автомобильной дороги. При этом необходимы насыпи значительной высоты. Высота насыпи зависит от сохранности и мощности мохорастительного покрова в ее основании и может быть существенно снижена за счет слоя теплоизоляции, например, из пенопласта.

2. Частичное оттаивание грунтов основания исходя из допустимых осадок.

3. Предварительное оттаивание и осушение грунтов основания применяют при строительстве в южных районах вечномерзлых грунтов сплошного и островного распространения.

Наиболее неблагоприятен для дорожного строительства северный район низкотемпературных вечномерзлых грунтов, где широко распространены жильные и подземные льды, залегающие близко к поверхности. Здесь необходимо максимальное сохранение природных условий.

Высокие насыпи, как правило, сооружают в две стадии. На первой стадии (зимой) применяют только несцементированные обломочные грунты, а на второй (летом) — допускается применение глинистых грунтов. Такой метод позволяет существенно продлить строительный сезон. Верхняя часть насыпи при этом отсыпается из щебеночного или гравийного материала слоем не менее 0,5 м.

На косогорных участках (не круче 1 : 5) земляное полотно чаще всего возводят в насыпи. Во избежание нарушения высотного положения поверхности вечномерзлого грунта уступы на косогоре не устраивают, а присыпают у низового откоса торфяную подушку.

Земляное полотно из местных глинистых грунтов возводят преимущественно с использованием притрассовых резервов. При строительстве автомобильных дорог с использованием принципа ограничения глубины оттаивания грунтов основания запрещается убирать или разрушать мохорастительный покров в основании насыпи.

В случае маловлажных грунтов естественного основания и при небольшой высоте насыпи (до 1,5 м) резервы можно располагать непосредственно у ее подошвы.

На затопляемых участках, на подходах к мостам и другим искусственным сооружениям земляное полотно возводят из нецементированных обломочных грунтов. Бровка земляного полотна поднимается выше уровня воды не менее чем на 0,5 м. Среднюю часть насыпи отсыпают из глинистых грунтов (рис. 9.3).

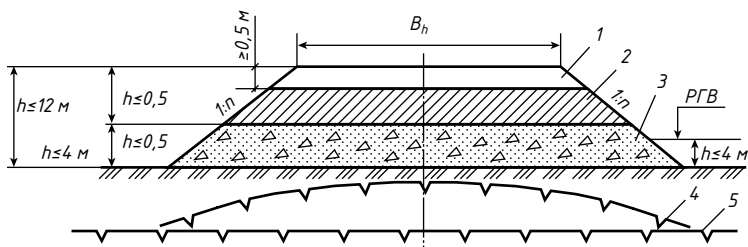


Рис. 9.3. Поперечный профиль насыпи на затопленном участке: 1 — щебень или гравий (по расчету на прочность); 2 — глинистый грунт; 3 — нецементированный обломочный грунт; 4 — ВГВМ до постройки насыпи; *PГВ* — расчетный уровень поверхности вод

Вечномерзлый, но не содержащий льда грунт, например крупнообломочный или песчаный без прослоек и линз льда (сухая мерзлая порода), не подвержен пучению при промерзании и размоканию при оттаивании. В связи с этим, если возможно, дороги следует прокладывать по таким благоприятным грунтам или вблизи мест их залегания. Насыпи из сухих глинистых или крупнообломочных и песчаных грунтов, встречающихся в каменистой тундре, на склонах сопок и на песчаных косах, строят в основном как в обычных условиях.

Противоположностью сухих мерзлых пород являются водонасыщенные глинистые грунты, встречающиеся в тундре, в поймах рек и низовьях, часто содержащие прослойки, жилы и линзы льда. В этих условиях земляное полотно возводят, как правило, в насыпи, причем принимают меры к возможному уменьшению мощности сезонно оттаивающего естественного грунта под насыпью (термоизоляционные

насыпи), а также к возможному осушению местности. Насыпи из связных глинистых грунтов возводят только при отсутствии дренирующих грунтов и при их влажности, не превышающей 1,2 оптимальной. При этом верхнюю часть насыпи толщиной не менее 0,5 м отсыпают из устойчивых гравийно-песчаных грунтов.

На участках с большим насыщением грунтов подземным льдом, а также в тех случаях, когда оттаивание мерзлых грунтов может вызывать появление оврагов или водоемов вблизи земляного полотна, резервы для отсыпки насыпей не закладывают. В таких местах, а также при пересечении выемки торфяных бугров, участков образования наледненных бугров и бугров пучения, на крутых неустойчивых косогорах и на участках со слабыми грунтами в основании земляное полотно проектируют и возводят по индивидуальным решениям с учетом местных условий.

Подъем верхней границы мерзлых грунтов повышает прочность основания, но слияние их с сезонно промерзающим слоем может нарушить режим надмерзлых вод, остановить движение потока и вызвать напорное пучение. Когда в зимний период неравномерное промерзание грунта уменьшает пространство для потока грунтовых вод, в них возникает и затем возрастает гидростатическое давление. При дальнейшем промерзании незамерзшая, находящаяся под напором вода через образующиеся в грунте разломы и трещины изливается на поверхность, образуя ледяные поля (наледы), создающие препятствия для движения на десятках километров дороги. Такое же явление наблюдают и на мелких реках и ручьях, когда из-за образования льда на их поверхности живое сечение потока уменьшается и вода пробивается через трещины и слабые места ледяного покрова. Напорная вода при неравномерном промерзании может перемещаться в горизонтальном направлении на значительное расстояние и является причиной образования наледных бугров.

При составлении проекта организации работ учитывают суровый климат, неблагоприятные мерзлотно-грунтовые условия, а также трудодоступность и малую освоенность районов вечной мерзлоты. Продолжительность зимнего периода здесь составляет от 185 до 305 дней, поэтому работы, которые не зависят от периода года, выполняют зимой. При производстве строительных работ на открытом воздухе учитывают потери рабочего времени по метеорологическим условиям и вследствие снежных заносов. Эти потери могут достигать 25% общей продолжительности зимнего периода.

За полярным кругом значительную часть года занимает полярная ночь; в этот период затруднены организация и проведение строительных работ на открытом воздухе. В период полярной ночи следует освещать объекты и запрещать работу отдельных звеньев и небольших отрядов в отрыве от основных производственных подразделений. Для кратковременного отдыха людей и приема пищи на всех объектах работ нужно создавать пункты обогрева, где должны постоянно содержаться запасы продовольствия, теплой одежды, медикаментов, горячей воды. Для пунктов обогрева могут быть использованы передвижные домики на санных прицепах.

Транспортные средства должны двигаться преимущественно колоннами. В их составе должны быть ремонтные средства и автомобили с утепленными кузовами.

Подготовительные работы по обеспечению зимних работ в светлое время года осуществляют заблаговременно. Однако ряд работ в зимний период может быть выполнен даже с большим успехом, чем летом: возведение насыпей на болотах и других участках со слабыми грунтами; взрывные работы в скальных грунтах, разжижающихся при оттаивании; удаление и замена слабых грунтов из основания земляного полотна в нулевых местах и выемках; рытье котлованов способом промораживания; отсыпка берм и утепление откосов; работы по отсыпке насыпей на участках с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии; сосредоточенные земляные работы (глубокие выемки и насыпи на подходах к мостам), а также монтаж деревянных, стальных и железобетонных конструкций; транспортирование материалов. Не рекомендуется зимой выполнять работы по разработке мелких выемок, резервов для невысоких насыпей и канав.

В летний период работы ведут в две-три смены в течение длинного полярного дня. В частности, земляные работы с применением комплексной механизации ведут непрерывно на широком фронте, чтобы полностью использовать короткое лето — наиболее благоприятное время для ведения земляных работ с использованием местных, в том числе связных грунтов из резервов для возведения насыпей. Часто препятствием к использованию местных связных грунтов является их большая влажность при оттаивании. При влажности, превышающей 1,2 оптимальной, связный грунт сильно налипает к рабочим органам машин и не может быть уплотнен до требуемой плотности. В этих условиях при отсутствии в районе строительства дороги несцементированных крупнообломочных или песчаных грунтов можно эффективно предварительно просушивать избыточно влажные грунты, пра-

вильно организовывая подготовительные и основные работы, а также правильно выбирая места для закладки грунтовых карьеров.

Основной метод осушения — за счет солнечной радиации. Метод достаточно результативен, если своевременно расчистить поверхность от кустарника и леса, снять мохорастительный покров и отвести с помощью канав поверхностную воду с прилегающей площади водосбора.

Пологие откосы 1 : 3, 1 : 4 при высоте насыпи от 1 до 2 м и более хотя и требуют некоторого увеличения земляных работ, но создают более благоприятные условия для устойчивости основания насыпи и откосов путем создания пологого очертания ВГВМ. Вместе с тем при пологих откосах упрощается технология производства механизированных земляных работ, обеспечивается возможность лучшего уплотнения и укрепления откосов, а также уменьшается возможность снежных заносов.

Производство работ при возведении насыпей из местных связных грунтов иногда начинают с заблаговременной вырубki леса и удаления мохорастительного покрова с площади будущих резервов. Осенью на участке устраивают водоотводные и дренажные каналы, а весной следующего года с площади резервов (в весенний период) удаляют снег, чтобы создать благоприятные условия для просыхания грунтов. Благодаря высокой солнечной радиации в районах Крайнего Севера, значительной продолжительности светового дня, небольшой относительной влажности воздуха с конца марта по август — сентябрь просушивание избыточно влажных грунтов в резервах происходит достаточно быстро. Так, при производстве работ в июле при температуре 25...27 °С надо пять-шесть дней, чтобы грунт в резервах просох от влажности 1,5...1,9 до 0,8...1,2 оптимальной, позволяющей выполнять земляные работы обычными способами. Разработку грунта в резервах и надвижку его в насыпь производят при глубине оттаивания 0,2...0,3 м звеном не менее чем из двух бульдозеров без нарушения мохорастительного слоя в основании насыпи. При разработке избыточно влажных грунтов проходимость обычных машин ухудшается, поэтому применяются машины с уширенными гусеницами. Грунт просушивают в резерве с укладкой его в конусы. Длина L фронта работ при послойной разработке оттаявшего на глубину $h = 0,2...0,3$ м грунта в резервах зависит от интенсивности оттаивания n (ориентировочно $n = 0,03$ м/сут.) и производительности Π дорожных работ. При двусторонних резервах с шириной резерва b

$$L = \frac{\Pi}{2bh} \left(\frac{h}{n} + 1 \right).$$

Производство земляных работ на участках с вечномерзлыми грунтами, имеющими при оттаивании недостаточную несущую способность, а также с наличием подземных льдов выполняют зимой с сохранением в основании насыпей мохорастительного покрова или с подготовкой основания земляного полотна (вырезкой слабого грунта и льда и заменой его устойчивым грунтом).

Поперечный профиль в этих условиях применяют также с пологими откосами (1:2 и положе) при высоте насыпи менее 2 м. Несцементированный крупнообломочный или песчано-гравийный грунт для отсыпки насыпей в этих условиях привозят зимой из карьеров продольной возкой.

Разработку грунта ведут в карьерах экскаваторами с перевозкой автомобилями-самосвалами или тракторными тележками. При производстве работ на участках с подземными льдами, залегающими на глубине менее двойной мощности деятельного слоя, соблюдают следующий порядок и технологию работ:

- расстояние не менее 75 м в каждую сторону от оси дороги объявляют запретной зоной, в пределах которой не разрешается нарушать естественный рельеф и особенно растительный покров, корчевать пни, а также осушать заболоченную или заболачивать сухую местность, устраивать продольные или поперечные прорезы в основании или у подошвы насыпей; нарушенный мохоторфяной покров должен быть восстановлен;
- не допускают скопления воды у насыпи как в период строительства, так и при эксплуатации дороги, для чего производят планировку полосы отвода путем подсыпок без нарушения растительного покрова;
- не допускают движение транспортных средств вне основной дороги; временные дороги располагают за пределами запретной зоны, там же располагают и временные сооружения;
- отсыпку насыпи начинают после замерзания грунтов деятельного слоя на толщину 20...40 см, обеспечивающую проезд транспортных средств без повреждения растительного слоя. С наступлением положительной температуры устройство насыпей на целине прекращают. В теплый период разрешают только заканчивать устройство насыпей, отсыпанных зимой на высоту 60 см и более;
- систематически удаляют зимой снег с насыпей, чтобы увеличить глубину промерзания.

В проекте производства работ дополнительно указывают: схемы размещения снегозащитных устройств; схемы расположения защитных запретных зон; участки зимних работ.

В косогорной местности земляное полотно из щебенистых и фильтрующих грунтов сооружают с предварительным его оттаиванием или без оттаивания. В первом случае за 20...30 дней до начала основных работ для оттаивания грунта на полосе отвода бульдозерами удаляют деревья, кустарник, снимают мохоторфяной слой и обнажают мерзлый грунт. Расчистку полосы производят на ширину основания насыпи и резервов.

Для создания нормальных условий работы по мере оттаивания грунта канавокопатель роют нагорные и водоотводные каналы с последующим их углублением.

Земляные работы выполняют по мере оттаивания грунта в основном бульдозерами, а также экскаваторами с погрузкой грунта в автомобили или тракторные прицепы. Грейдерами выполняют планировочные работы.

Возведение земляного полотна без предварительного оттаивания мерзлых грунтов начинают сразу после снятия мохоторфяного слоя и устройства нагорной канавы. Сначала с помощью взрывов на косогоре устраивают полку шириной 3...4 м для прохода дорожных машин. Чтобы удалять поступающую из грунта воду, на полке через 5...10 м прорывают поперечные ровики — дрены. Последовательными взрывами грунта на верховом откосе и перемещением его бульдозерами полку уширяют до проектных размеров, по мере ее уширения ровики удлиняют.

После оттаивания и просыхания грунтов окончательно отделяют откосы, придавая им крутизну 1:2 и положе в зависимости от влажности грунтов. Если влажность грунтов откоса более 0,6 предела текучести, за боковыми канавами устраивают берму шириной до 3 м для периодической прочистки бульдозером оползающего с откоса грунта.

ГЛАВА 10. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ И ПРАВИЛА ИХ ПРИЕМКИ

До начала работ по сооружению земляного полотна должны быть полностью выполнены все подготовительные работы: восстановление и закрепление трассы, перенос и переустройство линий коммуникаций, снос зданий и сооружений, расчистка дорожной полосы, разбивка земляного полотна.

10.1. Производственный контроль качества земляных работ

Производственный контроль качества включает следующие виды контроля: входной, операционный и приемочный. Результаты производственного контроля предъявляются при сдаче-приемке законченного земляного полотна, а также используются для оценки работы строительных организаций.

Кроме производственного контроля проводится проверка качества со стороны государственных и ведомственных органов контроля и надзора, а также авторский надзор со стороны проектной организации. Порядок и содержание контроля определяются соответствующими положениями и инструкциями.

Входной контроль

Этот вид контроля предполагает проверку качества материалов, полуфабрикатов и изделий, необходимых для строительства земляного полотна, и их соответствия требованиям нормативных документов (стандартов технических регламентов, отраслевых норм и других документов, подтверждающих качество).

До начала работ по сооружению земляного полотна должно быть проверено соответствие принятых в проекте и фактических характеристик грунта в карьерах, резервах, выемках и грунтовых основаниях.

При входном контроле проверяют правильность определения объемов резервов с учетом фактической ситуации, типы грунта по наименованию, виду и разновидности, наличию крупных включений, фактической влажности.

Операционный контроль

Операционный контроль выполняют в ходе технологических процессов в целях установления соответствия нормативным требованиям, проектной документации и соблюдения заданной технологии.

Отклонения от заданной технологии фиксируются по всем показателям, изменение которых может оказать влияние на качество: погодные условия, состав машин, применяемое оборудование, очередность и длительность операций. Отклонения от заданной технологии фиксируются в журнале работ.

Необходимо контролировать следующие показатели качества сооружения земляного полотна:

- правильность осевой линии поверхности земляного полотна в плане и профиле;
- плотность естественного грунтового основания;
- однородность грунта в слоях насыпи;
- плотность и влажность грунта в слоях насыпи;
- ровность поверхности и соблюдение поперечных уклонов;
- ширину земляного полотна, крутизну откосов, возвышение насыпи на величину осадки, укрепление откосов.

При операционном контроле предпочтение отдают ускоренным методам и упрощенным схемам измерений, обеспечивающим немедленное получение результатов.

Правильность размещения земляного полотна в плане и профиле обеспечивается точностью разбивочных работ. Выноску отметок и границ земляного полотна производят с помощью геодезических инструментов.

Однородность грунта в слоях насыпи по составу и влажности контролируют на операциях разработки и перемещения. Контроль осуществляют визуально по цвету, структуре, липкости. В необходимых случаях применяют экспресс-методы определения свойств на месте (раскатывание, пенетрация, прокаливание и др.).

Качество уплотнения контролируют при строительстве насыпей и оснований под дорожные одежды в выемках и нулевых местах и в других случаях, когда проектом предусмотрены определенные требования к плотности. Для измерения плотности применяют режущее кольцо и прибор Ковалева.

В целях регулирования качества в процессе уплотнения применяют средства измерения, позволяющие немедленно получать результаты и регулировать технологию сокращением или увеличением количества

проходов катка. Для этого применяют гамма-плотномеры, пенетрометры статического и динамического действия, штампы, приспособления для измерения осадки под колесом автомобиля.

Измерение плотности производят не реже одного раза в рабочую смену при объеме отсыпки до 1 тыс. м³ не менее чем в трех местах по ширине насыпи. При объеме насыпи более 1 тыс. м³ в смену на каждую тысячу добавляется одна-две проверки. Число измерений в каждом месте определяется технической характеристикой и погрешностью методов. Места измерений размещаются по оси и в 1...2 м от бровки насыпи со смещением в продольном направлении не более чем на 10 м.

При разработке грунтов необходимо следить, чтобы дно и откосы резервов и выемок имели уклоны, обеспечивающие сток воды от земляного полотна и рабочего забоя с обязательным выпуском ее к ближайшему искусственному сооружению или в сторону от дороги. Если дно резерва имеет значительный продольный уклон, во избежание размыва необходимо следить за тем, чтобы резерв был разделен на отдельные участки с допустимыми для данных грунтов уклонами.

Особое внимание следует уделять полноте разработки выемок и отсыпке насыпей по ширине начиная с первых слоев. Дополнительная срезка откосов выемки или последующая досыпка откосных частей насыпи, как правило, приводит к возникновению дефектов земляного полотна в первые годы эксплуатации.

Плотность грунта в насыпи и естественном основании выемки должна контролироваться в каждом уплотняемом слое при ширине отсыпаемого слоя до 20 м по оси и в 1,5...2 м от бровки земляного полотна, а при ширине более 20 м — дополнительно в середине между осью и бровкой.

Контроль плотности по указанным поперечникам должен быть выполнен на каждой сменной захватке, но не реже чем через 200 м при насыпи высотой до 3 м и через 50 м при насыпи высотой более 3 м. Плотность верхнего слоя следует контролировать через каждые 50 м независимо от высоты насыпи. Контроль плотности слоя грунта следует выполнять на глубине 8...10 см от поверхности уплотняемого слоя.

Отклонения от требуемого показателя плотности не должны превышать 4% и допускаются не более чем у 10% измерений. Разница в показателях плотности на одном поперечнике верхнего слоя земляного полотна для дорог с усовершенствованными покрытиями не должна превышать 2%.

Основным методом контроля плотности грунтов следует считать метод отбора образцов с последующим лабораторным определением требуемых показателей. Допускается использовать экспресс-методы и приборы для ускоренного контроля плотности. При этом в целях проверки не менее 10% всех измерений следует выполнять стандартным методом с отбором образцов.

Каждый слой насыпи должен обладать одинаковыми физико-механическими свойствами. Для выполнения этого требования слои следует отсыпать из грунтов одного вида. В тяжелых и пылеватых грунтах допускаются включения обломочных и песчаных грунтов при условии их равномерного распределения по объему.

При оценке качества измеряются ширина земляного полотна, крутизна откосов, размещение, уклоны и размеры водоотводных и дренажных устройств и другие параметры земляного полотна и входящих в его комплекс сооружений.

При возведении насыпи над трубами особому контролю подлежит равномерная отсыпка грунта тонкими горизонтальными слоями одновременно с обеих сторон трубы.

10.2. Организация производственного контроля

Производственный контроль на объекте выполняется строительной организацией — непосредственным исполнителем работ с привлечением производственной лаборатории и геодезической службы. Ответственность за полноту и качество производственного контроля несут персонально главные инженеры соответствующих организаций. Ответственность за методическую правильность и достоверность данных испытаний грунтов несут заведующие лабораторий, а по геодезическим измерениям — руководители геодезических служб.

Входной контроль (выборочная проверка резервов, обследование оснований, оценка устойчивости склонов и др.) на стадии производственной подготовки выполняют центральные лаборатории, а в процессе выполнения работ — производственные лаборатории.

Операционный контроль производится в соответствии со схемами операционного контроля, входящими в состав технологической карты, или схемами, составляемыми непосредственно при разработке проекта производства работ на каждый технологический процесс.

Схема операционного контроля должна содержать:

- эскиз элементов земляного полотна во всех характерных сечениях, способах разбивки, допускаемых отклонений, способов и точности измерений;
- ведомость применяемых грунтов с указанием источников получения, их вида и разновидности, естественной и оптимальной влажности, максимальной стандартной плотности и допускаемых отклонений от стандартной плотности, требуемой толщины слоев и числа проходов катка по данным журнала пробной укатки;
- состав, сроки и указания о способах операционного контроля;
- перечень контрольных операций, выполняемых прорабом, мастером, лабораторией, геодезической службой;
- перечень скрытых работ, подлежащих освидетельствованию с составлением акта.

10.3. Организация приемочного контроля

Земляное полотно подлежит промежуточной приемке с участием представителей технического надзора заказчика и авторского надзора проектной организации с оформлением акта промежуточной приемки. Работы по строительству слоев дорожной одежды без приемки земляного полотна не допускаются.

Земляное полотно предъявляется к сдаче в полностью готовом виде, как правило, включая укрепление откосов. Отсыпка и укрепление присыпных обочин производятся после завершения строительства дорожных одежд.

Промежуточная приемка водоотвода, дренажей, подпорных стенок, противооползневых, противоналедных сооружений должна быть проведена до сдачи земляного полотна.

Приемка земляного полотна и входящих в его комплекс сооружений производится на основе визуального освидетельствования скрытых работ, документации производственного контроля, общего журнала работ и специальных журналов наблюдений и лабораторных испытаний.

Приемка земляного полотна производится, как правило, перед выполнением последующих работ по строительству дорожной одежды. Дефекты и нарушения, выявившиеся во время технологических перерывов, независимо от их причин к моменту сдачи должны быть устранены.

Положение земляного полотна в плане проверяют, измеряя отдельные углы поворота и прямые между ними, а также делают контрольную проверку разбивки кривых. Отметки продольного профиля земляного полотна проверяют нивелированием на всех пикетах и в точках изменения проектных уклонов. При этом проверяют отметки оси дороги, бровок и дна кюветов, определяют поперечные уклоны поверхности.

Ширину земляного полотна и крутизну откосов проверяют не менее чем в трех местах на каждом километре дороги.

Расстояние между осью и бровкой полотна в плане не должно иметь отклонений от проектных размеров более чем на 10 см.

При приемке готового земляного полотна качество уложенного в насыпь грунта и степень его уплотнения проверяют по документации производственного контроля и данным лабораторных испытаний. Особое внимание при этом уделяется местам засыпки труб и подходам к мостам.

При сдаче земляного полотна должна быть закончена рекультивация всех притрассовых карьеров и резервов, ликвидация временных дорог и съездов. Места с поврежденной растительностью или нарушенным почвенным покровом должны быть спланированы, закрыты почвой и засеяны травой.

ГЛАВА 11. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

11.1. Особенности организации работ по возведению земляного полотна

Основной задачей организации работ является распределение ресурсов в пространстве и времени. При проектировании организации строительства земляного полотна устанавливают время и место выполнения работ, определяют потребность в дорожно-строительных машинах, материалах, рабочих и транспортных средствах; устанавливают конкретные сроки выполнения земляных работ на каждом участке дороги, рассчитывают необходимое количество дорожных машин и численность рабочих, потребность в транспортных средствах на каждый день работы; составляют схему размещения и взаимодействия машин непосредственно на объектах работ.

Организацию земляных работ рассматривают в увязке с выполнением смежных работ — строительством мостов, водопропускных труб, дорожной одежды, производственных предприятий, зданий для дорожно-эксплуатационной службы и обслуживания транспорта. При строительстве земляного полотна, как и автомобильной дороги в целом, применяют два способа организации: поточный и участковый (иначе его называют последовательным или цикличным).

При организации строительства по *поточному способу* для выполнения земляных работ создают подразделения (бригады или отряды), специализированные по видам земляных работ: отряды для выполнения сосредоточенных и линейных земляных работ; отряды для строительства земляного полотна на участках с особыми условиями, например на участках болот; отряды по отделочным и укрепительным работам. Специализированные отряды отличаются друг от друга по составу машин, так как каждый из них комплектуют машинами, наиболее подходящими для работ, которые должен выполнять данный специализированный отряд.

В связи с тем что объем земляных работ по длине строящейся дороги изменяется в зависимости от высоты насыпей и глубины выемок, такая характеристика потока, как скорость (или темп), выражается не в еди-

ницах длины, а в объемах земляных работ, выполняемых за одну смену. Эту характеристику принято называть сменным объемом.

Принцип поточной организации сохраняется и во внутренней структуре отрядов и бригад. Звенья, из которых состоят бригады или отряды, также являются специализированными, и каждое выполняет определенные технологические процессы. Производительность работы звеньев согласовывают, поскольку каждое из них готовит фронт работ для последующего, за исключением последнего, отделочного звена, которое завершает работу. Производительность работы последнего звена также должна соответствовать темпу работы отряда (бригады). Иногда это звено выполняет отделочные работы на нескольких участках попеременно вслед за выполнением работ разными специализированными отрядами. Схемы организации работ (схемы потоков), которые входят в состав технологических карт, фактически представляют собой частные потоки по возведению земляного полотна.

При *участковом способе* организации земляных работ все работы на выделенном участке ведут одним механизированным отрядом, включающим различные машины для выполнения всех технологических процессов. Работа этих машин организована посредством объединения в звенья в соответствии с характером и видом этих процессов.

Принято выделять звенья по разработке, транспортированию, укладке и уплотнению грунта.

Принципиальные положения общей организации работ по строительству автомобильной дороги и организации выполнения каждого строительного процесса приводят в проектах организации строительства и производства работ.

Проект организации строительства является частью общего проекта на строительство или реконструкцию дороги, его разрабатывает проектная организация наряду с проектированием других разделов проекта.

Проект производства работ составляет строительная организация. Этот проект является дополнением к проекту организации строительства, в котором на основании общих принципов организации работ данного объекта разработана детальная организация работ, учитывающая конкретные условия работ на каждом отдельном участке.

Значительное место в проекте производства работ занимают вопросы взаимодействия и технологической последовательности частных потоков, выполняемых отрядами, бригадами, звеньями и отдельными машинами.

При разработке проектов производства работ выполняют дополнительные обследования района строительства для уточнения источников получения грунта, их состояния, условий разработки и возможности прокладки временных дорог. По результатам обследования вносят изменения в принятые проектные решения. Однако основные положения проекта организации строительства (срок строительства, направление продвижения строительных работ, размещение производственных предприятий, порядок и условия материально-технического снабжения) остаются неизменными. Необходимые изменения проекта согласовывают с проектной организацией, составившей проект организации строительства, и с организацией, его утвердившей.

11.2. Определение объемов земляных работ, выбор машин и комплектование специализированных подразделений

Профильные объемы насыпей и выемок вычисляют на основании продольного и поперечного профилей, представленных в проекте автомобильной дороги. По данным проекта определяют возможные источники получения грунта для насыпей — грунтовые карьеры, выемки, боковые резервы. На основании этих сведений и данных о грунтах производят распределение земляных масс. При этом надо принимать во внимание разницу в плотности грунта в условиях естественного залегания δ_e и в построенной насыпи δ_n . Для практических расчетов при распределении земляных масс используют коэффициент относительного уплотнения:

$$K_1 = \delta_n / \delta_e.$$

Сроки выполнения земляных работ устанавливают исходя из общего срока строительства автомобильной дороги. Если срок строительства дороги составляет два года или более, то вначале устанавливают наиболее благоприятный период года для ведения земляных работ по климатическим условиям района. Если начало или окончание других работ ограничивают продолжительность выполнения земляных работ, то устанавливают эти граничные даты. Затем определяют число рабочих смен в этот период, исключая выходные, праздничные и среднее число возможных дождливых дней, по формуле

$$C = (C_k - C_v - C_d) K_{cm},$$

где C_k — календарное число дней в рабочем периоде; C_v — число выходных и праздничных дней; C_d — число дождливых (нерабочих) дней; K_{cm} — коэффициент сменности.

Численные значения этих величин могут быть получены по справочным данным. В отдельных случаях часть земляных работ выполняют в зимнее время. Тогда устанавливают отдельно число рабочих смен для этих объектов.

Выбор машин производят отдельно для каждого конкретного участка автомобильной дороги. При этом анализируют продольный профиль, график распределения земляных масс и условия ведения земляных работ на каждом участке. Для каждого участка отдельно или для группы участков с однородными условиями назначают возможные варианты отрядов основных машин, соответствующих условиям работы на данных участках. Рациональные варианты устанавливают на основании технико-экономических расчетов, при которых по каждому варианту определяют стоимость работ, количество затрачиваемой энергии, выработку на рабочего, т.е. технико-экономические показатели (ТЭП).

Для расчета ТЭП составляют подробное описание технологии и условий выполнения работ. На основе этих данных делают расчет потребных ресурсов. Следует учитывать, что производительность машин существенно зависит от условий работы на каждом конкретном участке. При подборе состава отряда машин для данного участка важно знать величину минимального темпа работ, позволяющего выполнить работы в заданные сроки. Эта величина зависит от общего объема работ на участке или группе участков и срока его выполнения:

$$П_p = V_p / T_p,$$

где V_p — оплачиваемый объем земляных работ на участке или суммарный объем оплачиваемых земляных работ на однородных участках, м³; T_p — срок возведения земляного полотна на данном участке или в целом на всех однородных участках (общий срок возведения земляного полотна), рабочие смены.

Оптимальный состав отряда рассчитывают для нескольких значений сменного темпа, увеличивая минимальное значение с некоторым фиксированным шагом. Для каждого значения сменного темпа работ вычисляют расходы по каждому варианту состава отряда. Сопоставление суммы расходов, отнесенных к расчетному темпу, позволяет выбрать оптимальный сменный темп и оптимальный состав отряда.

Данный подход предполагает рассмотрение нескольких вариантов основных машин и решается с использованием специальных программ для персональных компьютеров.

11.3. Технологические карты по строительству земляного полотна и организации работы отряда

Технологические карты содержат основные сведения по технологии и организации строительно-монтажных работ. В них приводят полный перечень технологических процессов, последовательность их выполнения, необходимые средства (машины и рабочие), требуемые материалы. Кроме этого технологические карты содержат указания по применению рациональных приемов и методов выполнения работ, технико-экономические показатели, меры по охране труда и технике безопасности. Форма и содержание технологических карт, разрабатываемых различными организациями, неодинаковы, но назначение их и преследуемые цели — общие. Карты разрабатывают в целях обеспечения строителей готовыми решениями по технологии и организации работ, способствующими уменьшению трудоемкости, улучшению качества и снижению себестоимости строительно-монтажных работ.

Различают типовые и рабочие карты. Типовые карты содержат общие решения обычно для средних, наиболее часто встречающихся условий строительства. Рабочие карты составляют на основании типовых, разрабатывая их с учетом конкретных местных условий строительства. Они предназначены для использования непосредственно при производстве работ прорабами, мастерами и рабочими.

Ниже приведены примерные разработки трех основных частей рабочей технологической карты.

Часть технологической карты — общие положения.

Технологическая карта разработана на возведение насыпей из грунта II группы, разрабатываемого в карьере экскаватором ЭО-6112Б (Э-1252Б), оборудованным «прямой лопатой» с ковшом вместимостью 1,25 м³. Транспортирование грунта производят автомобилями-самосвалами КрАЗ-256Б грузоподъемностью 11 т на расстояние 2 км (среднее расстояние). Сменный объем 1460 м³ установлен из расчета выполнения всех земляных работ данного вида в заданный срок.

II часть технологической карты — калькуляция затрат труда на строительство насыпей объемом 1460 м³ за смену.

Проведенный расчет затрат труда позволяет установить состав отряда, производительность которого будет 1460 м³ за смену.

Состав машин:	
Экскаваторы ЭО-61126 (Э-1252Б)	2
Автомобили КраЗ-256Б (для транспортирования на расстояние 2 км)	23
Бульдозер ДЗ-18	1
Бульдозер ДЗ-109А-1	1
Каток ДУ-39А	1
Каток ДУ-16В	1
Автогрейдер ДЗ-81-1	1
Поливомоечная машина	1
Состав отряда (для работы в одной смене):	
Машинисты экскаваторов 6-го разряда	2
Помощники машинистов 5-го разряда	2
Водители автомобилей-самосвалов	23 (среднее число)
Машинисты бульдозеров 6-го разряда	2
Машинисты катков 6-го разряда	2
Машинист автогрейдера 6-го разряда	1
Дорожный рабочий 4-го разряда	1

III часть технологической карты — схема организации работ.

Схема организации работы отряда представляет собой частный поток, включающий четыре захватки (рис. 11.1), отделенные друг от друга так называемыми заделами, т.е. участками, где уже выполнены соответствующие работы и которые являются резервами, обеспечивающими возможность безостановочной работы последующих звеньев в случаях снижения темпов продвижения передних.

Рекультивацию земель и укрепление откосов обычно выполняют отдельными специализированными отрядами, поэтому в данную технологическую карту эти работы не включены.

На третьей захватке выделены две рабочие части, на которых непосредственно и последовательно выполняют послойную укладку и послойное уплотнение грунта.

2) фронт работ для деятельности основных звеньев третьей захватки;
 3) из расчета полного использования машин, выделяемых для работы на этих захватках, т.е. в зависимости от производительности звеньев.

В первом случае обеспечивается фронт работ для третьей захватки, но не полностью используются выделенные машины.

Во втором случае полное использование машин может привести к значительному опережению работ, отрыву этих звеньев от основных и нежелательному увеличению общего фронта работ (длины частичного полотна).

Обозначим длину захваток соответственно через t_1 , t_2 , t_3 и t_4 ; размеры заделов через α_1 , α_2 и α_3 ; производительность звеньев на первой захватке — Π_1 , на второй — Π_2 , на третьей за основное звено принимаем звено экскаваторов производительностью Π_3 (1460 м³ за смену), на четвертой — Π_4 .

Расчет по первому условию — обеспечение фронта работ для размещения третьей захватки.

В этом случае, последовательно рассматривая строительство насыпей на разных участках, определяем длину третьей захватки для каждого из них:

$$l_3 = \frac{\Pi_3}{(b + mH)H},$$

где b — ширина земляного полотна, м; m — заложение откосов; H — высота насыпи на рассматриваемом участке, м.

Длины первой и второй захваток будут такими же, как и длины третьей.

Размер четвертой захватки всегда целесообразно устанавливать по второму условию, т.е. из расчета полного использования производительности звеньев.

Размеры заделов можно определять аналогично, если принять условие, что заделы должны обеспечивать резерв фронта работ на одну смену.

Расчет по второму условию — полное использование производительности звеньев, занятых на соответствующих захватках:

$$l_1 = \frac{\Pi_1}{(b + 2mH)h_p},$$

где h_p — толщина растительного слоя, м;

$$l_2 = \frac{\Pi_2}{(b + 2mH)};$$

$$l_3 = \frac{П_3}{(b + mH)H};$$

$$l_4 = \frac{П_4}{b}.$$

Расчет протяженности рабочих частей третьей захватки выполняют при строительстве насыпей по способу послойной укладки и уплотнения грунта, когда стремятся сохранить его естественную влажность (если она не выше оптимального значения) или, наоборот, не допустить переувлажнения грунта (при неблагоприятных условиях погоды). Для этого работу по непосредственной укладке грунта ведут не на всей захватке сразу, а на отдельных ее частях. На одной части грунт распределяют слоем необходимой толщины, на другой (соседней) производят его уплотнение. Эти части называют рабочими частями захватки. Таким образом, строительство насыпи осуществляют последовательной укладкой грунта на рабочих частях, а за смену строят насыпь на всей захватке полностью.

Размеры рабочих частей захватки можно установить исходя из допускаемого ограничения времени на распределение и уплотнение грунта:

$$l_{\text{рч}} = \frac{П_3 t_{\text{доп}}}{2ThB},$$

где $П_3$ — производительность отряда (основных звеньев), м^3 за смену; $t_{\text{доп}}$ — допустимое время на распределение и уплотнение грунта, ч; T — продолжительность рабочей смены, ч; h — толщина уплотняемого слоя грунта, м; B — ширина отсыпаемого слоя грунта, м.

На схеме организации работ (см. рис. 11.1) размеры захваток установлены по первому условию. Часовые графики работы машин позволяют предусматривать организацию их работы на нескольких захватках.

РАЗДЕЛ 2

СТРОИТЕЛЬСТВО

ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

ГЛАВА 12. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБАХ

Общие характеристики водопропускных труб

Водопропускные трубы представляют собой малые искусственные сооружения, предназначенные для пропуска воды сквозь земляное полотно во избежание его подтопления поверхностными водами. Они являются самым распространенным типом искусственного сооружения на автомобильных дорогах. Их стоимость нередко достигает 15% общей стоимости дороги. Однако имеются и некоторые ограничения применения этих сооружений. Нельзя применять трубы в местах возможного образования ледохода. Также, как правило, трубы не применяются в местах возможного возникновения селей и образования наледи, поскольку отверстие трубы при воздействии данных факторов будет загромождено. В этих случаях в проект закладывается размещение, к примеру, мостового перехода.

До 20-х годов предыдущего столетия трубы строились по индивидуальным проектам. Однако уже на протяжении почти 100 лет строительство ведут по типовым проектам. В различные периоды развития дорожного строительства предпочтение отдавалось тем или иным типам труб. Исследования особенностей их гидравлической работы и распространение более совершенных материалов приводили к разработке новых типовых проектов на трубы. В связи с этим, несмотря на то, что отдельные разновидности труб сегодня уже не производятся, их по-прежнему можно увидеть на автомобильных дорогах.

В России эксплуатируются десятки тысяч водопропускных труб, отличающихся материалом изготовления, размером и формой сечения, типом оголовков, уклоном укладки, режимом протекания воды

и другими особенностями. Большинство труб нашли применение в равнинных условиях, т.е. при малых поперечных к дороге уклонах местности ($i < 0,02$). В зависимости от расхода водотока устраивают одно- и многоочковые трубы.

В настоящее время около 90% водопропускных труб имеют отверстие размером не более 2,5 м, 50% — менее 1,2 м; средняя величина размера отверстия составляет приблизительно 1,4 м. Около 50% труб расположены под насыпями высотой менее 4,0 м и менее 10% — под насыпями с отметкой бровки земляного полотна выше 10,0 м; средняя высота насыпи у труб — 5,4 м.

Расстояние от верха звена трубы до низа дорожной одежды должно составлять не менее 0,5 м. Вертикальный размер отверстия назначают, как правило, не менее:

- 1,0 м при длине труб до 20 м;
- 1,25 м при длине труб 20 м и более;
- 1,5 м независимо от длины трубы в районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки ниже -40°C .

На автомобильных дорогах ниже II категории допускается принимать размеры отверстий:

- 0,5 м для труб на съездах при устройстве в пределах трубы быстроток с уклоном не менее 10‰ и ограждений на входе, а также при длине труб 10 м и более на внутрихозяйственных дорогах;
- 0,75 м при длине труб до 15 м;
- 1,0 м при длине труб до 30 м.

Разрешается увеличивать отверстия труб сверх расчетного значения для использования их в качестве пешеходных переходов, скотопрогонов, для пропуска автомобилей и низких узкозахватных сельскохозяйственных машин.

Возвышение высшей точки внутренней поверхности трубы в любом поперечном сечении над поверхностью воды в трубе при максимальном расходе расчетного паводка и безнапорном режиме работы в свету определяется по табл. 12.1.

Трубы, за исключением отдельных случаев, следует рассчитывать на безнапорный режим работы.

На подходах к трубам возвышение бровки земляного полотна над расчетным уровнем подпертой воды принимают не менее:

- 0,5 м при безнапорном режиме протекания потока;
- 1,0 м при полунапорном и напорном режимах протекания потока.

Таблица 12.1

**Минимальные величины возвышения внутренней поверхности
трубы над поверхностью воды при расчетном состоянии**

Показатель	Тип трубы			
	круглая или сводчатая		прямоугольная	
	высота трубы, м			
	до 3,0	свыше 3,0	до 3,0	свыше 3,0
Минимальная величина возвышения	¹ / ₄ высоты трубы	0,75 м	¹ / ₆ высоты трубы	0,5 м

Строительный подъем труб при высоте насыпи свыше 12 м следует назначать в соответствии с расчетом ожидаемых осадок от веса грунта насыпи. При высотах 12 м и менее трубы следует укладывать со строительным подъемом по лотку, равным (h — высота насыпи):

- $\frac{1}{80}h$ при фундаментах на песчаных, галечниковых и гравелистых грунтах основания;
- $\frac{1}{50}h$ при фундаментах на глинистых, суглинистых и супесчаных грунтах основания;
- $\frac{1}{40}h$ при грунтовых подушках из песчано-гравелистой или песчано-щебеночной смеси.

Типы и элементы водопропускных труб

Водопропускная труба, несмотря на внешнюю простоту, — комплексное сооружение, обычно состоящее из следующих основных элементов:

- оголовков — концевых участков сооружения на входе и выходе водного потока, включающих порталные стенки, откосные крылья и лотки;
- трубы — центральной части сооружения из звеньев (укладываемых на лекальные блоки или прямо на фундамент), расположенной между оголовками; звенья, примыкающие к оголовкам, называют оголовочными;
- основания, или фундамента, состоящего из слоев уплотненного грунта и искусственных материалов, а также сборных блоков, на которые опирается труба;
- укрепленного русла, предотвращающего размыв у сооружения.

Не обязательно в конструкции может быть использован весь приведенный набор элементов. Их назначение и выбор варианта исполнения обусловлены условиями строительства и работы сооружения.

Более того, набор элементов может быть расширен в особо сложных случаях, например на косогорах.

Основные элементы водопропускных труб показаны на рис. 12.1.

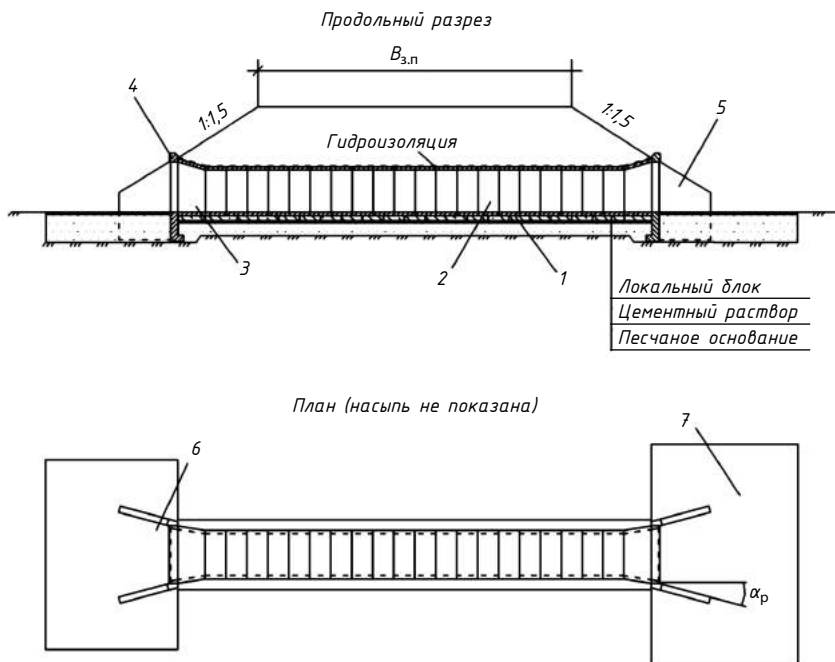


Рис. 12.1. Схема водопропускной трубы:

- 1 — основание и локальные блоки; 2 — центральные звенья; 3 — оголовочные звенья; 4 — порталные стенки; 5 — откосные крылья; 6 — лоток; 7 — русло; $B_{з.п.}$ — ширина земляного полотна; α_p — угол сходимости

Главными отличительными чертами водопропускных труб конструктивного характера считаются форма и тип оголовка (рис. 12.2). Различают следующие типы труб:

— порталного типа. Приблизительно половина всех эксплуатируемых труб, главным образом круглых малого диаметра, имеют оголовки порталного типа, представляющие собой вертикальную стенку, обсыпанную с обеих сторон от отверстия конусами, сопрягающимися с откосами насыпи (см. рис. 12.2, а);

— коридорного типа. Применялись до 1946 г. Хотя сегодня не строят трубы с коридорными оголовками, построенные ранее продолжают работать, ожидая реконструкции (см. рис. 12.2, б);

— раструбного типа. Представляют собой вертикальную стенку, срезанную параллельно откосу насыпи. Угол сходимости стенок варьируется от 4 до 22°, получили наиболее значительное распространение (см. рис. 12.2, *в* и *г*);

— безоголовочные. Являются основным вариантом для металлических гофрированных труб (см. рис. 12.2, *д*);

— воротникового типа. Представляют собой срез круглой трубы параллельно откосу насыпи, окаймленный по контуру выступающей из насыпи частью — «воротником»; не получили широкого распространения (см. рис. 12.2, *е*).

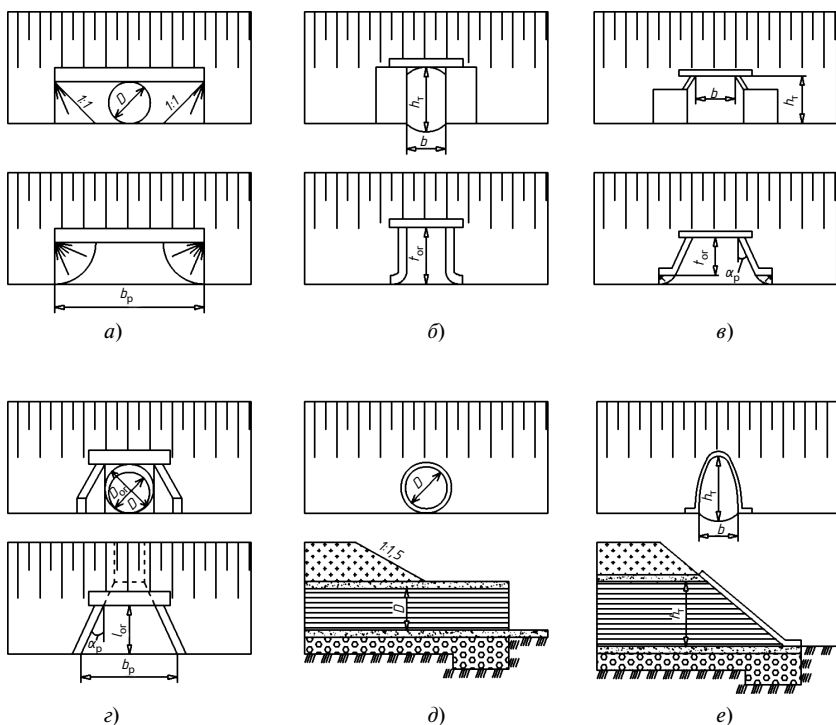


Рис. 12.2. Формы и типы оголовков водопропускных труб:

a — круглая с порталным оголовком; *б* — овоидальная с коридорным оголовком; *в* — прямоугольная с раструбным оголовком; *г* — круглая с раструбным оголовком; *д* — круглая безоголовочная; *е* — овоидальная с воротниковым оголовком; *а*, *б*, *в*, *г* — фасад и план; *д*, *е* — фасад и продольный разрез; h_t — вертикальный размер отверстия трубы; b — ширина отверстия; b_p — ширина раструба; D — внутренний диаметр отверстия; D_0 — внутренний диаметр оголовка; α_p — угол раструбности; l_{or} — высота оголовка

В последние десятилетия широкое распространение получили металлические гофрированные трубы (рис. 12.3). Типовые проекты разработаны на трубы диаметром 1,5; 2,3 и 3,0 м. Они могут быть следующего исполнения:

- без оголовков (вертикальный срез); при этом нижняя часть трубы должна выступать из тела насыпи на уровне ее подошвы не менее чем на 0,2 м;
- со срезом параллельно откосу насыпи; при этом нижняя часть трубы должна выступать из тела насыпи на уровне ее подошвы не менее чем на 0,5 м;
- с раструбным оголовком при угле сходимости (раструбности) 20°.



Рис. 12.3. Общий вид гофрированных труб со срезом

Гофрированные трубы обладают рядом достоинств: малой массой, транспортабельностью, быстротой монтажа. Их можно устраивать в несколько ярусов по высоте насыпи (рис. 12.4). Однако при этом они отличаются существенно большей шероховатостью, что связано с наличием на внутренней поверхности гофров. Данное обстоятельство определяет большие критические уклоны по сравнению с технически гладкими трубами. Наиболее ходовые размеры гофров: длина и высота — 130×32 мм и 150×50 мм. Толщина металлического листа — 1,5; 2,0; 2,5 мм.

В гофрированных трубах обычно предусматривают гладкие бетонные лотки, располагаемые на $\frac{1}{4}$ или $\frac{1}{3}$ периметра их сечения. Это позволяет заметно снизить коэффициент шероховатости с 0,030 до 0,025.

Особыми случаями водопропускных сооружений, внешне схожими с водопропускными трубами и поэтому часто к ним относящимися, являются шахтные водосбросы (рис. 12.5) и дюкеры (рис. 12.6).

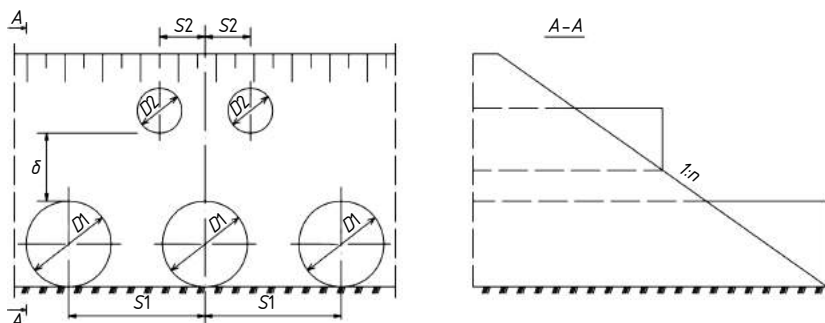


Рис. 12.4. Схема многоярусной трубы (размеры $S1$, $S2$, δ определяются по СНиП 2.05.03—84)

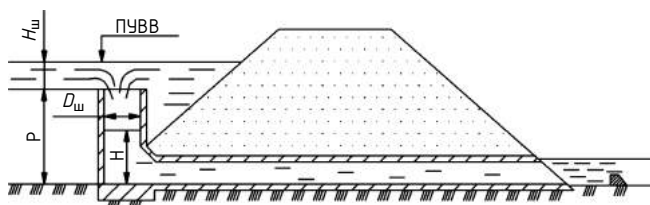


Рис. 12.5. Схема шахтного водосброса
 P — высота шахты; $H_{ш}$ — напор воды перед шахтным водосбросом;
 $D_{ш}$ — диаметр шахты; H — подпор перед трубой;
 ПУВВ — поверхностный уровень высокой воды

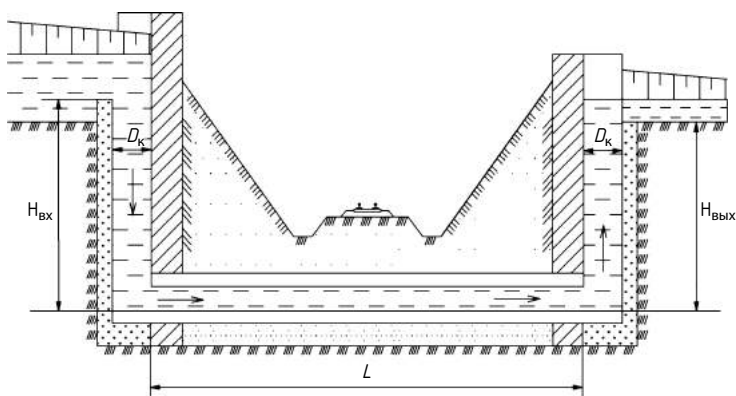


Рис. 12.6. Схема дюкера:
 $H_{вх}$ — отметка дна входного колодца; $H_{вых}$ — отметка дна выходного колодца; D_k — диаметр колодцев; L — длина дюкера между колодцами

Шахтные водосбросы создают в целях формирования перед дорогой прудов и водохранилищ, а также сброса воды на косогорах.

Дюкеры сооружают в выемках на зарегулированных водотоках (например, оросительных каналах в районах поливного и орошаемого земледелия), а также для пропуска паводковых вод. Труба дюкера всегда работает полным сечением. Диаметр колодцев должен быть не менее 1,0 м для возможности проведения смотровых работ.

Организация строительной площадки при устройстве труб

Строительную площадку (рис. 12.7) устраивают в соответствии с технологическим процессом строительства трубы. Она должна занимать как можно меньшую территорию, но при этом допускать размещение объектов обслуживания строительства, материалов, изделий

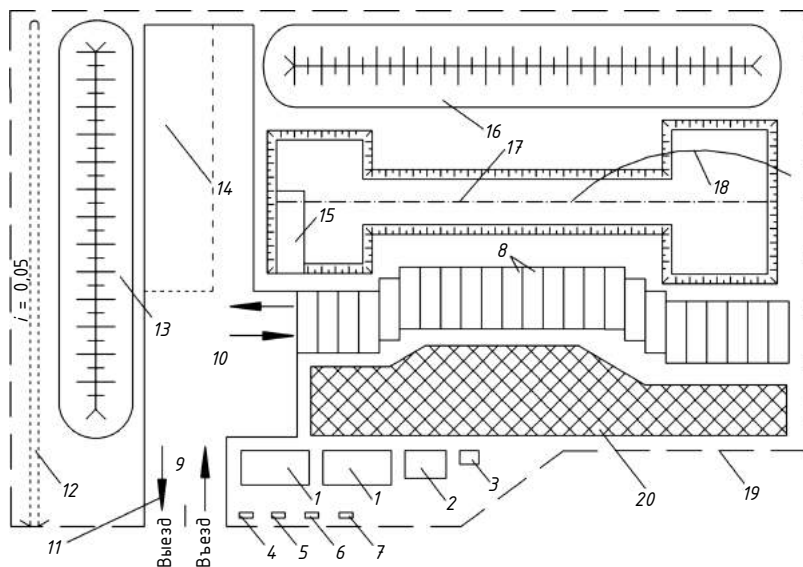


Рис. 12.7. Схема организации строительной площадки:

- 1 — производственные и бытовые помещения; 2 — передвижная электростанция;
- 3 — бетономешалка; 4 — стенд с информацией об исполнителе работ;
- 5 — схема движения транспорта и дорожных машин на площадке; 6 — стенд со схемой строповки грузов; 7 — противопожарный щит; 8 — дорожные плиты; 9 — грунтовая дорога; 10 — место разворота техники; 11 — направление движения транспорта; 12 — водоотводная канава; 13 — вал растительного грунта; 14 — стоянка дорожно-строительных машин; 15 — пандус в котлован; 16 — грунтовый вал; 17 — ось трубы; 18 — радиус вылета стрелы крана; 19 — ограждение площадки; 20 — зона складирования материалов и конструкций

и средств механизации. На площадку доставляют и устанавливают бетономешалку, электростанцию, битумоварочный агрегат и другие необходимые машины и оборудование. Водоотводную канаву с расчетным поперечным сечением устраивают с верховой стороны для перехвата поверхностной воды и отвода от котлована; при небольших размерах канаву нарезают автогрейдером, а при значительных — экскаватором «обратная лопата» с объемом ковша до $0,4 \text{ м}^3$.

Особое внимание обращают на расположение монтажного крана, который должен обслуживать возможно большую площадь. Для повышения удобства и безопасных условий работы крана и автотранспорта целесообразно предусмотреть вдоль котлована с одной или с обеих сторон укладку железобетонных плит (например, дорожных — П, ПДП, дорожных преднапряженных — ПДН, ПДГ, аэродромных — ПАГ). Их размеры должны позволять установку крана с выносом опор и проезд техники. Если выбранный из котлована грунт пригоден для засыпки трубы, его рационально складировать рядом, предусмотрев для этого отдельную площадь, которую рассчитывают с учетом разрыхления грунта при его разработке. Снятый с полосы отвода растительный грунт оставляют для последующего укрепления откосов, обочин и рекультивации придорожной полосы.

Площадку следует оградить хорошо различимыми средствами по всему периметру для ориентирования работающих в зоне опасности. Возможно ночное освещение.

ГЛАВА 13. ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Технология устройства водопропускной трубы определяется материалом изготовления и организационными возможностями.

Наилучший вариант устройства труб в общем календарном цикле — до возведения земляного полотна. Если это невозможно, то трубы приходится монтировать одновременно с отсыпкой земляного полотна или после окончания отсыпки его на данном участке трассы. В этом случае размеры оставляемых разрывов в насыпи должны назначаться с учетом способа отсыпки грунта, планирующих и уплотняющих средств. Расстояние между торцевым откосом насыпи и трубой должно быть с каждой стороны не менее 4 м, а общая длина разрыва — не менее 10 м.

Металлические гофрированные секции собирают, скрепляя их болтовыми соединениями, и целиком транспортируют на объект.

В настоящее время основным материалом изготовления труб является бетон (железобетон). Применение сборных труб обеспечивает сокращение продолжительности, снижение стоимости и повышение качества строительства. Монолитные трубы допустимы только в отдельных труднодоступных районах строительства или при соответствующем обосновании.

Элементы сборных железобетонных труб изготавливают на заводах или полигонах, обслуживающих строительство автомобильной дороги. Изготовление элементов конструкции состоит из следующих операций: заготовки арматурных стержней, изготовления сеток, сборки арматурных каркасов; изготовления, сборки, смазки, разборки и очистки опалубки; укладки и уплотнения бетонной смеси; отделки и пропаривания элемента. От завода (полигона) или ближайшей железнодорожной станции их доставляют к месту постройки трубы автомобилями или тракторами на прицепах.

Строительно-монтажные работы при устройстве водопропускных труб состоят из трех этапов.

Подготовительные работы включают:

- устройство временных дорог для подъезда к объекту;
- установку средств ограждения места производства работ;

- удаление растительности, камней и мусора, плодородного слоя с вывозом или обвалованием;
- восстановление оси трассы и разбивку оси трубы с закреплением знаков геодезической основы, планировку строительной площадки;
- отвод существующего русла, устройство водоотводной канавы, запруды или защитных ограждений от паводков.

Подготовительные мероприятия должны быть закончены до начала производства основных работ. Окончание подготовительных работ на строительной площадке должно быть принято по акту о выполнении мероприятий по безопасности труда.

Основные работы включают весь технологический цикл непосредственного создания сооружения.

Разработку котлована начинают прямо перед устройством фундамента. Рытье котлована шириной до 3 м осуществляют экскаваторами, а при ширине котлована более 3 м и отсутствии грунтовых вод — бульдозерами. Котлован имеет переменную глубину, увеличивающуюся в зонах русла и оголовков. Это вызвано в первую очередь теплоизолирующим эффектом насыпи земляного полотна, снижающей глубину промерзания в центральной части водопропускной трубы. Уширения в зонах русла и оголовков обусловлены созданием укрепления на входе и выходе водного потока.

При продольной разработке котлована бульдозером отвалы грунта устраивают по сторонам лога, не допуская накопления воды у котлована. Дно котлована окончательно зачищают, планируют и при необходимости уплотняют. Доставляемые железобетонные плиты разгружают краном и укладывают вдоль котлована. Транспорт подъезжает к крану задним ходом, чтобы не допустить пронос плиты над кабиной водителя. После укладки первых плит кран опирается на них, а новые плиты укладывает позади себя, обеспечивая возможность последующего перемещения вдоль котлована. Общая толщина основания назначается из соображений морозоустойчивости всей конструкции и поэтому не должна быть меньше глубины промерзания в рассматриваемом сечении сооружения. Основание бесфундаментных труб устраивают при благоприятных геологических условиях. В этом случае на дне котлована делают основание из щебня или гравия с уплотнением пневматическими или электрическими трамбовками. Верх основания устраивается с учетом уклона и строительного подъема трубы.

Фундаменты из бетонных блоков устраивают при неблагоприятных геологических условиях. Блочный фундамент монтируют стреловым краном, грузоподъемность которого соответствует максимальной мас-

се блока и вылета стрелы. Сначала собирают фундаменты оголовков до уровня подошвы фундаментов секций трубы. Затем скосы котлована, устраиваемые в местах сопряжения более глубоких котлованов оголовков с подошвой котлована под секции трубы, заполняют щебнем с заливкой цементным раствором или песчано-гравийной смесью слоями 10...15 см с тщательным уплотнением трамбованием. Фундамент собирают по направлению от выходного оголовка к входному. Блоки укладывают на слой цементного раствора толщиной 1...2 см по уровню и с перевязкой швов. Сам цементный раствор распределяют поверх песчаного слоя. Разница соседних блоков по высоте не должна превышать 10 мм. После окончания сборки и приемки фундамента пазухи между стенками котлована и фундамента засыпают грунтом. Засыпку производят одновременно с обеих сторон фундамента горизонтальными слоями толщиной 15...20 см с послойным уплотнением. Монолитные бетонные фундаменты устраивают только в тех случаях, когда вблизи строящегося объекта имеется возможность получить готовую цементобетонную смесь.

Если звенья трубы заранее не подвезли, то их доставляют одновременно с устройством фундамента. При перевозке в кузовах автомобилей или прицепах звенья укладывают горизонтально (на бок) или устанавливают вертикально (стоя). Перевозка звеньев круглых труб в вертикальном положении в пересеченной местности и по грунтовым дорогам безопаснее, чем в горизонтальном. При перевозке в горизонтальном положении звенья необходимо надежно закрепить на транспортных средствах, подкладывая под них деревянные подкладки, которые для надежности надо прибить гвоздями к полу кузова. При перевозке звеньев в горизонтальном положении упрощаются и ускоряются погрузочно-разгрузочные работы, тогда как перевозка в вертикальном положении требует дополнительной операции переворачивания звеньев при выгрузке. Разгрузку элементов труб проводят кранами. Сбрасывать элементы с автомобиля запрещается. В случае производственной необходимости разрешается перекачивание круглых звеньев, но только по горизонтальной поверхности. При этом рабочие должны находиться сзади перекачиваемого звена. Доставленные на строительную площадку элементы труб укладывают вдоль котлована трубы, оставляя берму шириной не менее 4 м для проезда крана. Все элементы доставляют на объект, как правило, до начала монтажа трубы. Порядок раскладки элементов принимают в соответствии с технологической последовательностью монтажа трубы.

Монтаж сборных элементов следует начинать с выходного оголовка. Вначале устанавливают порталную стенку, затем откосные крылья. После установки всех элементов выходного оголовка приступают к монтажу тела трубы. Допускается одновременный монтаж выходного и входного оголовков. Если круглые звенья укладывают на фундамент без применения лекальных блоков, зазор между нижней образующей звена и плоской поверхностью фундамента обеспечивают деревянными прокладками. Положение устанавливаемых звеньев в плане и профиле контролируют по их внутренней поверхности. Зазоры между торцами звеньев не должны иметь отклонения от проектных более чем на 5 мм.

Затем приступают к гидроизоляции стыков, швов и поверхности трубы. Стыки, образованные при раструбном соединении, зачеканивают цементным раствором или полимерными герметиками. Швы заделывают жгутами из пакли, пропитанной битумом, или из литой резины как снаружи, так и по возможности изнутри. Жгуты, поставленные с внутренней стороны, должны быть утоплены в шов на 2...3 см. Для усиления изоляции по швам проводят обмазку цементным раствором. Изоляция поверхности труб бывает двух видов:

- 1) обмазочная — представляет собой тонкое в два-три слоя покрытие из водонепроницаемой массы, которую наносят на защищаемую наружную или внутреннюю поверхность, предварительно покрытую грунтовочным слоем;
- 2) оклеечная — выполняют преимущественно из гнилостойких рулонных материалов, приклеиваемых к изолируемой поверхности и покрываемых битумным слоем.

По завершении гидроизоляционных операций приступают к засыпке трубы. Поскольку пазухи между фундаментом и стенками котлована уже заполнены, то производят засыпку трубы в две стадии: сначала на высоту 0,5 м выше поверхности звена трубы; затем на высоту звена плюс 2 м или до проектной отметки земляного полотна, когда высота насыпи менее 2 м.

Возведение насыпи над трубой до проектной отметки выполняет специализированная организация по производству земляных работ. Для засыпки труб применяют местные, хорошо уплотняемые грунты, которые можно использовать для возведения земляного полотна, а при возможности — грунты, однотипные с грунтом, используемым при возведении насыпи. Грунт должен быть оптимально увлажнен. Способ транспортирования грунта назначают в зависимости от месторасположения грунтовых карьеров. Засыпку проводят наклонными

от трубы слоями с уклоном не круче 1 : 5, толщина которых зависит от грунтоуплотняющих средств.

Лучше всего разравнивание грунта осуществлять бульдозерами, а уплотнение — катками. Виброударные машины приходится использовать в стесненных условиях (в прогалах земляного полотна).

Правила уплотнения грунта при засыпке трубы:

- работы выполняют одновременно с двух сторон с недопущением неравномерности более чем в один слой;

- масса катка не должна превышать 12 т во избежание подвижки звеньев из-за излишнего бокового давления грунта и опасности повреждения целостности звеньев при уплотнении защитного слоя над трубой;

- проходы катка организуют в поперечном направлении земляного полотна, т.е. вдоль трубы;

- расстояние от края вальца до поверхности трубы должно быть не менее толщины уплотняемого слоя;

- при использовании трамбующих плит расстояние от края плиты до поверхности трубы должно составлять не менее 3 м.

Проектом могут быть предусмотрены укрепительные работы от размыва откосов насыпи у оголовков и русла на подходе к трубе и выходе из нее. Откосы укрепляют сборными плитами или мощением камнем по основанию из песчано-щебеночной смеси (с устройством упора в подошве откоса), а также геосетками. Русла труб укрепляют монолитным бетоном или сборными плитами в направлении от оголовка к полю после укрепления откосной части насыпи.

Заключительные работы включают:

- уборку строительного мусора и отбракованных элементов;
- демонтаж и вывоз железобетонных плит;
- сворачивание средств ограждения места производства работ;
- передислокацию техники на следующий объект или на базу.

РАЗДЕЛ 3

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

ГЛАВА 14. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

14.1. Классификация дорожных одежд

Дорожная одежда является наиболее важной и дорогостоящей частью автомобильной дороги. Ее назначение — круглогодичный, безопасный и комфортный пропуск транспортного потока с заданной скоростью.

Дорожная одежда должна быть прочной и обеспечивать в течение нормативного срока службы допускаемые прогибы от воздействия автомобильной нагрузки в широком диапазоне положительных и отрицательных температур. Материалы для конструктивных слоев, их количество и толщину следует назначать исходя из недопустимости деформаций сдвига в грунте земляного полотна или дренирующего (теплоизолирующего) слоя и критических растягивающих напряжений в монолитных слоях.

С целью уменьшения прогиба от нагрузки и повышения сдвигоустойчивости покрытия в плоскости раздела с основанием все монолитные конструктивные слои в процессе строительства должны быть склеены между собой.

Возникающие в дорожной одежде вертикальные и горизонтальные напряжения от автомобилей затухают с глубиной. Это позволяет конструировать ее из нескольких слоев, различных по прочности, в соответствии с величинами и видами усилий, действующих на каждый слой.

Покрытие, непосредственно воспринимающее воздействие колес автомобилей и природных факторов, должно быть наиболее прочным, износо- и термостойким, водонепроницаемым, ровным и шерохова-

тым для обеспечения безопасного движения автомобилей с расчетной скоростью, обеспечивать транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги во все периоды года при различных погоде и температуре воздуха.

Толщина покрытия при эксплуатации дороги снижается из-за износа, поэтому ее периодически восстанавливают путем устройства сверху слоев износа.

Классификация дорожных одежд по типам покрытий приведена в табл. 14.1.

Таблица 14.1

Классификация дорожных одежд по типам покрытий

Тип дорожных одежд	Виды покрытий, материалы и способы устройства
Капитальные	Усовершенствованные покрытия из цементобетонных и горячих асфальтобетонных смесей
Облегченные	Из горячих и холодных асфальтобетонных смесей. Из органоминеральных смесей с жидкими органическими вяжущими, в том числе совместно с минеральными вяжущими. Из органоминеральных смесей с вязкими битумами, в том числе эмульгированными, а также совместно с минеральными вяжущими. Из каменных материалов и грунтов, обработанных битумами по способу смешения на дороге или пропитки. Из черного щебня, приготовленного в установке и уложенного по способу заклинки. Из пористой и высокопористой асфальтобетонной смеси с поверхностной обработкой. Мостовые из брусчатки, шашки, плит, блоков. Комбинированные покрытия. Из цементобетонных смесей
Переходные	Из щебня прочных пород, устроенных по способу заклинки, или из оптимальных по гранулометрии щебеночно-песчаных смесей. Из грунтов и малопрочных каменных материалов, укрепленных вяжущими. Мостовые из булыжного и колотого камня. Из песчано-гравийных смесей
Низшие	Из щебеночно-гравийно-песчаных смесей. Из малопрочных каменных материалов, отходов промышленности. Из грунтов, укрепленных или улучшенных различными местными материалами. Из древесины

14.2. Обеспечение надежности автомобильных дорог и дорожных конструкций

Общие положения

Транспортно-эксплуатационное состояние и эффективная работа автомобильных дорог в процессе эксплуатации непосредственно определяются качеством их проектирования и строительства. В частности, согласно исследованиям, проведенным в США, отмечается четкая обратная связь величины эксплуатационных расходов с качеством работ и стоимостью строительства автомобильных дорог. Так, даже незначительные ошибки, недоработки в проектах или плохое качество строительства приводят в дальнейшем к неоправданному повышению эксплуатационных расходов и ухудшению дорожных условий. Из этого следует, что обеспечение качества работ на всех стадиях (проектирование, строительство, эксплуатация) должны быть взаимосвязаны между собой. Это единый комплекс, обеспечивающий требуемые транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог, а следовательно, и требуемый уровень перевозочного процесса.

Автомобильная дорога в результате строительства представляет собой неоднородную систему со случайным набором свойств в каждом ее элементе в связи с естественной неоднородностью физико-механических свойств грунтов земляного полотна и материалов конструктивных слоев дорожной одежды, колебаний толщин конструктивных слоев в пределах нормативных допусков. В результате несущая способность дорожной конструкции по длине дороги неодинакова и носит случайный характер, что позволяет использовать математическую статистику и теорию надежности для обоснования требований к транспортно-эксплуатационному состоянию дороги.

Как показали опыт строительства дорог и исследования, большинство показателей, характеризующих прочность дорожной конструкции (модули упругости слоев дорожно-строительных материалов и грунтов, прочность при изгибе и сдвиге, плотность, влажность, сцепление слоев), подчиняются нормальному закону распределения случайных величин (закону Гаусса). Этот закон характерен для тех случаев, когда на случайную величину оказывают влияние несколько факторов, каждый из которых вносит относительно небольшой вклад в общую изменчивость случайной величины.

В то же время использование некондиционных материалов, отдельные технологические нарушения влияют на особенности распределе-

ния случайных величин. Показательным может быть распределение эквивалентных модулей упругости дорожной конструкции (рис. 14.1) при разном коэффициенте вариации, являющимся относительной характеристикой качества строительства.

Коэффициент вариации выражают в процентах:

$$V = \frac{\sigma_e}{E_{cp}} 100,$$

где σ_e и E_{cp} — среднее квадратичное отклонение и средняя арифметическая модуля упругости дорожной конструкции;

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (E_i - E_{cp})^2};$$

$$E_{cp} = \frac{1}{n} \sum_1^n E_i,$$

где n — число измеренных значений модуля упругости; E_i — значение измеренного модуля упругости, МПа.

При одном среднеарифметическом значении модуля упругости дорожной конструкции (см. рис. 14.1) с увеличением коэффициента вариации кривая распределения модулей уплощается и возрастает частость низких модулей упругости. Это приводит к увеличению степени деформирования дорожной конструкции и ухудшению ровности покрытия к концу расчетного (нормативного) срока службы. Однако за счет проведения организационно-технологических мероприятий

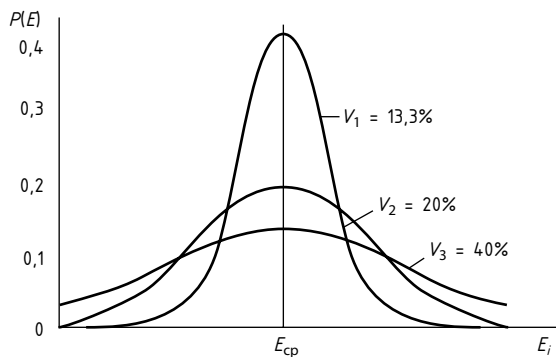


Рис. 14.1. Распределение эквивалентных модулей упругости дорожной конструкции (E_i) при разном качестве производства работ: V — коэффициент вариации; $P(E)$ — частость показателя.

и текущего контроля качества производства работ становится возможным обеспечить распределение показателей прочности дорожной конструкции в пределах требований надежности дорожной одежды, заложенных при проектировании автомобильной дороги.

Надежность автомобильных дорог и дорожных конструкций

Под *надежностью* автомобильной дороги понимают вероятность того, что транспортно-эксплуатационное состояние дороги в течение нормативного срока службы будет отвечать требованиям безопасности дорожного движения и эффективности перевозочного процесса и обеспечивать вероятность безотказной работы до момента ее реконструкции. В общем случае отказ — это переход дороги (конструкции) в предельное состояние, при котором она перестает удовлетворять заданным требованиям. Для оценки этого состояния в качестве критерия надежности автомобильной дороги принимают уровень загрузки дороги движением, характеризуемый коэффициентом загрузки:

$$Z = \frac{N_{\text{л}}}{[N_{\text{л}}]},$$

где $N_{\text{л}}$ — фактическая часовая интенсивность движения на дороге или на полосе движения, приведенная к расчетному легковому автомобилю; $[N_{\text{л}}]$ — пропускная способность дороги или полосы движения.

При достижении по экономическим соображениям оптимального коэффициента загрузки принимают решение о переводе автомобильной дороги в новую техническую категорию.

Одним из основных элементов автомобильной дороги является дорожная конструкция, от работоспособности которой зависит надежность автомобильной дороги в целом. Работоспособность определяют как способность системы выполнять заданные функции и сохранять требуемые транспортно-эксплуатационные показатели в пределах нормативных межремонтных сроков.

Работоспособность дорожной конструкции определяется надежностью дорожной одежды в течение всего периода от начала эксплуатации до момента проведения капитального ремонта. Под воздействием движения и погодных-климатических факторов происходят необратимые изменения в дорожной одежде, и она постепенно переходит в предельное состояние. Внезапного отказа автомобильной дороги не происходит в связи с тем, что прочностные показатели вдоль дороги неодинаковы из-за неоднородности физико-механических свойств ис-

пользуемых материалов в дорожной одежде и земляном полотне и образование различных деформаций и разрушений (дефектов) происходит в разное время, постепенно накапливаясь во времени (рис. 14.2).

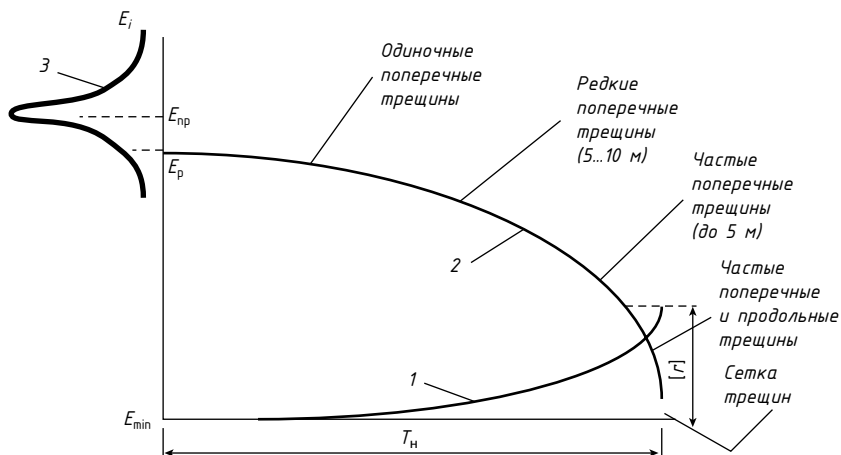


Рис. 14.2. Развитие различных дефектов на поверхности покрытия в период расчетного срока службы дорожной одежды T_n по мере снижения несущей способности дорожной конструкции:

- 1 — повышение вероятности разрушения покрытия (сетка трещин);
- 2 — закономерность снижения расчетных (требуемых) модулей упругости дорожной конструкции; 3 — распределение фактических модулей упругости дорожной конструкции на стадии ввода автомобильной дороги в эксплуатацию; $E_{пр}$ — проектный наиболее вероятный модуль упругости дорожной конструкции, МПа; E_{min} — предельно допускаемый модуль упругости в конце расчетного (межремонтного) срока службы дорожной одежды, МПа; $E_p = E_{тр}$ — расчетные (требуемые) модули упругости дорожной одежды и земляного полотна, МПа; $[r]$ — допустимая вероятность повреждения покрытия, соответствующая расчетной надежности дорожной одежды

Можно ли построить дорогу без дефектов? Теоретически можно, а практически нецелесообразно. Стремление к полному предотвращению дефектов (например, трещин) экономически невыгодно в силу того, что те или иные дефекты поддаются ремонту и не оказывают существенного влияния на удобства и безопасность движения.

Степень деформирования или вероятность повреждения покрытия r оценивают отношением протяженности деформированных участков покрытия l_d к общей протяженности L рассматриваемого участка автомобильной дороги:

$$r = \frac{l_d}{L}.$$

С учетом этого допустимую степень деформирования покрытия определяют в зависимости от коэффициента надежности дорожной одежды K_n :

$$[r] = 1 - K_n.$$

В соответствии с нормами проектирования ОДН 218.046—01 требуемый уровень проектной надежности дорожной одежды рекомендуется назначать на основе норм, принимаемых административными органами по согласованию с региональными дорожными организациями. Учитывая это, в настоящее время проектная организация должна пользоваться нормами коэффициентов надежности K_n , принимаемых в зависимости от межремонтного срока службы дорожной одежды до капитального ремонта T_o (табл. 14.2).

Здесь *межремонтный срок службы дорожной одежды* — это экономически эффективный период времени, равный расчетному сроку службы, при котором обеспечивается минимум суммарных приведенных дорожных, транспортных и внетранспортных издержек. *Расчетный срок службы дорожной одежды* — это период времени, в пределах которого снижается несущая способность дорожной конструкции до уровня, при котором достигается расчетная надежность дорожной одежды и соответствующее ей предельное состояние покрытия по ровности. Показательно, что принятые нормы надежности увязаны с предельным состоянием дорожного покрытия по ровности (надежность по ровности покрытия соответствует надежности дорожной одежды).

Таблица 14.2

Межремонтные сроки службы дорожных одежд T_o до капитального ремонта

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Дорожно-климатическая зона					
		I...II		III		IV...V	
		T_o (годы)	K_n	T_o (годы)	K_n	T_o (годы)	K_n
Ia, Ib, Iv	Капитальный	12	0,98	14	0,95	18	0,88
II	Капитальный	12	0,94	12	0,92	15	0,88
III	Капитальный	12	0,92	12	0,90	15	0,85
	Облегченный	12	0,86	12	0,85	12	0,84
IV	Капитальный	12	0,85	12	0,84	12	0,83
	Облегченный	10	0,85	10	0,84	12	0,82
	Переходный	5	0,82	5	0,80	5	0,77

Окончание

Категория дороги	Тип дорожной одежды	Дорожно-климатическая зона					
		I...II		III		IV...V	
		T_o (годы)	K_n	T_o (годы)	K_n	T_o (годы)	K_n
V	Облегченный	10	0,82	10	0,8	12	0,79
	Переходный	5	0,65	5	0,6	5	0,58
	Низший	3	0,65	3	0,6	3	0,58

Примечания: 1. При планировании реконструкции автомобильной дороги в сроки, меньшие указанных в таблице, межремонтные сроки принимают равными периоду до реконструкции дороги без изменения коэффициента надежности дорожной одежды.

2. При использовании в покрытии асфальтобетона типа А на основе полимерно-битумных вяжущих межремонтные сроки увеличивают на 8...10% с округлением до года.

3. Для жестких дорожных одежд межремонтный срок принимают равным 25 годам.

4. Коэффициент надежности K_n определяет предельное состояние покрытия по ровности в конце межремонтного срока службы дорожной одежды:

K_n	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
δ (см/км)	2000	1900	1800	1750	1650	1600	1200	850	500

Приведенные показатели ровности покрытия δ соответствуют данным, полученным с помощью прибора ПКРС-2. Промежуточные значения — по интерполяции.

Приведенные в табл. 14.2 значения коэффициентов надежности дорожной одежды и соответствующие им предельные величины показателя ровности дорожного покрытия справедливы только при обеспечении требуемого качества производства дорожных работ. Формальное использование показателя ровности покрытия как критерия проведения капитального ремонта не всегда оправданно. На практике надо принимать во внимание причины образования неровностей покрытия. Неудовлетворительная ровность может быть вызвана технологическими причинами, а не пониженной прочностью дорожной одежды, и для улучшения состояния покрытия в этих случаях достаточно устройства поверхностной обработки с выравнивающим слоем, а не капитального ремонта автомобильной дороги.

Контроль и обеспечение надежности дорожных конструкций в период строительства

При строительстве дорожных одежд основной задачей инженеров-строителей является производство дорожно-строительных работ при гарантированном достижении требуемого уровня надежности дорожной конструкции по несущей способности. Для этого необходимо

в процессе строительства использовать эффективные технологические приемы и способы, дорожно-строительные машины и материалы, а также высокопроизводительный и оперативный технический контроль качества. Значительное внимание уделяют послойному контролю соответствия проекту несущей способности и однородности дорожной одежды и земляного полотна.

Оценку общей прочности дорожной одежды и на поверхности ее конструктивных слоев обычно производят по величине обратимого (упругого) прогиба под нагрузкой или вычисляемого по прогибу модуля упругости слоев и дорожной конструкции в целом.

Полевые испытания дорожной конструкции осуществляют методом статического нагружения колесом автомобиля или кратковременным нагружением с использованием специальных передвижных лабораторий с установками динамического нагружения (УДН). Испытания осуществляют организации, имеющие лицензию и соответствующее оборудование.

Для оценки качества построенной дорожной конструкции проводят ее линейные испытания вдоль рассматриваемого участка дороги. В результате, используя известный метод статистической обработки данных, имеют фактическое распределение прогибов конструкции и соответствующую ему кривую накопления (рис. 14.3). Затененная площадь на кривой распределения соответствует вероятности появления прогиба (модуля) ниже значения, соответствующего проектной надежности дорожной одежды.

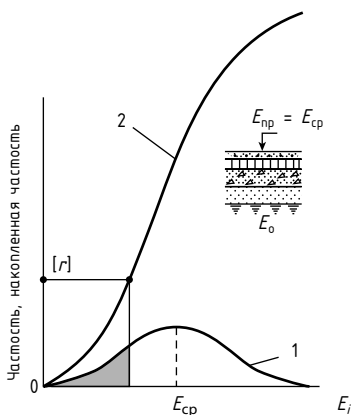


Рис. 14.3. Результаты испытания дорожной одежды:
1 — кривая распределения прогибов; 2 — кумулятивная кривая

Фактическую кривую накопления сопоставляют со «стандартной» зависимостью, полученной в результате обобщения статистических данных испытаний различных конструкций.

Параметры «стандартной» зависимости в аналитическом виде при $r \leq 0,49$:

$$X_{jc} = \frac{l_i}{l_{cp}} = \frac{E_{cp}}{E_i} = \frac{0,96}{[r]^{0,128}},$$

где E_{cp} , E_i — соответственно средний и текущий эквивалентные модули упругости в статистической выборке (l_{cp} , l_i — то же прогибов).

На рисунке 14.4 дается относительная оценка кривых накопления, позволяющая определить коэффициент отклонения прогибов K_i при допускаемой вероятности повреждения покрытия $[r]$:

$$K_i = \frac{X_{ji}}{X_{jc}},$$

где X_{ji} , X_{jc} — относительные прогибы дорожной конструкции, соответствующие допустимой степени деформирования покрытия, соответственно для фактической и стандартной кривым накопления.

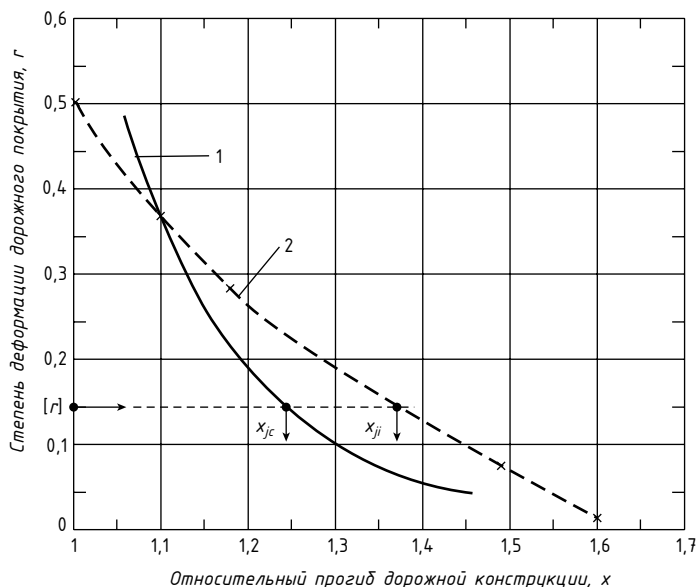


Рис. 14.4. Сопоставление стандартной (1) и фактической (2) кривых накопления для определения относительных прогибов дорожной конструкции X_j по допустимой вероятности повреждения покрытия $[r]$ на характерном участке дороги

Окончательно фактический модуль упругости $E_{\text{ф}}$ построенной дорожной конструкции

$$E_{\text{ф}} = \frac{1}{K_i} E_{\text{тр}},$$

где $E_{\text{тр}}$ — требуемый модуль упругости дорожной конструкции, соответствующий проектной надежности.

При $K_i \leq 1$ дорожная конструкция отвечает предъявляемым требованиям. В остальных случаях требуется усиление дорожной одежды. Величину слоя усиления определяют по соотношению требуемого и фактического модулей упругости, используя номограмму приложения 6 ОДН 218.1.052—2002.

ГЛАВА 15. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОСНОВАНИЙ

15.1. Общие положения

Дорожные основания являются основными несущими слоями дорожной одежды. Поскольку основное их назначение состоит в восприятии подвижной нагрузки и обеспечении требуемого упругого прогиба дорожной одежды, толщина слоя (слоев) основания значительно превышает толщину покрытия. В связи с этим для снижения стоимости дорожной одежды для строительства оснований желательно максимальное использование местных строительных материалов.

На дорогах местной сети основание, как правило, состоит из одного или двух слоев, а на дорогах I...III технической категории — из трех и более слоев. Причем верхний слой основания выполняют из наиболее прочных и качественных материалов. Нижний (нижние) слой основания целесообразно устраивать из местных материалов (песчано-гравийная смесь, рыхлые горные породы, отходы промышленно-сти). Особенно эффективно применение перечисленных материалов в укрепленном виде.

Нижний слой основания, укладываемый непосредственно на земляное полотно, называется дополнительным. Этот слой в зависимости от назначения может быть подстилающим, теплоизолирующим или дренирующим. Он вносит определенный вклад в обеспечение требуемого модуля упругости дорожной одежды, но основным его назначением является улучшение водно-теплового режима земляного полотна и удаление воды из дорожной одежды.

Количество слоев оснований и их толщина зависят от величины подвижной нагрузки, номенклатуры имеющихся строительных материалов, климатических и гидрологических условий. Материал для основания выбирают на основе технико-экономических расчетов с учетом обеспечения необходимого срока службы слоя основания и всей дорожной одежды.

В зависимости от вида применяемых материалов дорожные основания бывают цементобетонными; асфальтобетонными; из битумоминеральных смесей и различных минеральных материалов, как обработанных, так и не обработанных вяжущими; из грунтов или промышленных отходов в укрепленном виде.

Конструкцию дорожной одежды необходимо назначать с учетом специфики работы слоя основания. Основания, устраиваемые из цементобетона и материалов, укрепленных минеральными вяжущими, обладают высокой прочностью, ровностью, долговечностью. Однако в покрытиях из асфальтобетона или битумоминеральных смесей, укладываемых на такие основания, возникают трещины, копирующие швы или трещины основания. Эти трещины, являющиеся следствием температурного деформирования основания в осенне-зимний период, принято называть отраженными. Для уменьшения количества отраженных трещин применяют специальные конструктивные и технологические решения, которые будут изложены в параграфе 15.3. Наиболее эффективными из них являются фрагментирование жесткого (полужесткого) основания и устройство трещинопрерывающих прослоек между слоями основания и покрытия.

Основания из щебеночных и гравийных материалов, не обработанных вяжущими, устраиваемые под покрытия из асфальтобетонных и органоминеральных смесей, должны быть минимально деформируемы под воздействием нагрузок и природных факторов во избежание образования трещин и разрушения покрытий. В этих случаях модуль упругости основания должен быть таким, чтобы изгибающие напряжения в покрытии не превосходили допускаемых напряжений с учетом повторных нагрузок.

Для увеличения срока службы дорожной конструкции и уменьшения ее толщины целесообразно щебеночные, гравийные смеси и грунты, используемые в качестве оснований, обрабатывать вяжущими материалами. Лучшие результаты обеспечивают комплексные методы обработки материалов (двумя вяжущими или вяжущим в сочетании с ПАВ).

При строительстве дорожной одежды с бескорытным профилем самый нижний слой основания (чаще всего дренирующий) устраивают на всю ширину земляного полотна. Все последующие слои оснований делают шире на 15...25 см с каждой стороны по отношению к вышележащему слою. За счет этого обеспечивается большая устойчивость конструкции и ее надежность.

Перед устройством слоев оснований проводят работы по подготовке земляного полотна, так как по нему осуществляется движение строительного транспорта, что вызывает образование колёй и нарушение ровности поверхности. В связи с этим проводят планировочные работы, придавая земляному полотну требуемый поперечный уклон, доуплотняют, а иногда и укрепляют верхнюю его часть. Грунт

земляного полотна необходимо укреплять в случаях, когда он обладает невысоким модулем упругости и значительно ухудшает физико-механические свойства при воздействии воды. Укрепляют грунт путем введения в него минеральных добавок в виде песка, шлака, отходов камнедробления. При отсыпке насыпи из глинистых грунтов хороший эффект достигается при обработке их стабилизаторами на кислотной основе (см. параграф 15.3).

Работы по планировке земляного полотна проводят автогрейдером, когда грунт подсохнет и достигнет оптимальной влажности. Уплотнение производят пневмошинными катками массой 16...30 т.

При укреплении верхней части земляного полотна грунт с минеральными добавками или стабилизатором перемешивают фрезой или автогрейдером, оптимально увлажняют, после чего разравнивают и уплотняют пневмошинными или комбинированными катками (пневмо + вибро).

При необходимости одновременно с этими работами строят подъездные дороги и разворотные площадки для возможности маневрирования строительной техники на узком земляном полотне.

15.2. Строительство дополнительных слоев оснований

Дополнительными слоями оснований называют слои, размещаемые непосредственно на земляном полотне. Строительство дополнительного слоя производят при необходимости обеспечения требуемой по расчету прочности или морозостойкости дорожной одежды, а также для осушения верхней части земляного полотна и дорожной одежды или предохранения земляного полотна от глубокого промерзания.

Эти слои являются связующими между основными несущими слоями дорожной одежды и верхней частью земляного полотна. Они позволяют в ряде случаев исправить недостатки в конструкции земляного полотна. В связи с этим дополнительные слои основания в любое время года должны противостоять переувлажнению и хорошо сопротивляться сдвигу. В случае строительства дополнительных слоев из минеральных материалов и грунтов, укрепленных вяжущими, они должны обладать достаточной сопротивляемостью растяжению при изгибе.

В зависимости от назначения подстилающего слоя они могут быть подстилающими, теплоизолирующими и дренирующими.

Подстилающие слои применяют в целях достижения требуемой прочности или морозостойкости дорожной одежды. В этом случае сокращается расход прочных и дорогостоящих материалов, так как можно использовать местные, менее прочные материалы в виде песка и минеральных отходов промышленности.

Толщину подстилающего слоя определяют из условия, что будет обеспечена требуемая прочность всей дорожной одежде. Подстилающий слой строят на ширину земляного полотна, если преследуют цель одновременно использовать его в качестве дренирующего. Подстилающий слой может быть многослойным, если необходимо обеспечить морозостойкость дорожной одежды, конструкция которой обеспечивает требуемую прочность. В этом случае требуемая толщина подстилающего слоя с учетом глубины промерзания H_m

$$H_{п.с} = H_m - H_{д.о},$$

где $H_{д.о}$ — толщина дорожной одежды, достаточная по условию требуемой прочности.

Строительство подстилающего слоя состоит из следующих рабочих операций: подвозки материала на земляное полотно; распределения его бульдозером, автогрейдером или распределителем; увлажнения до оптимальной влажности и уплотнения катками. Строительство последующих слоев (при необходимости) состоит из тех же операций. Толщину укладываемого слоя устанавливают в зависимости от используемых средств уплотнения.

Теплоизолирующие слои применяют в целях улучшения водно-теплового режима за счет уменьшения глубины промерзания земляного полотна, чем достигают снижения капиллярного поднятия воды и уменьшения переувлажнения верхней части земляного полотна.

Одновременно со снижением глубины промерзания уменьшается требуемая толщина дорожной одежды, что дает экономию дорожно-строительных материалов. Для теплоизолирующих слоев применяют как распространенные, так и специальные теплоизолирующие материалы. Специальный материал для теплоизолирующих слоев должен не подвергаться воздействию микроорганизмов, обладать низкой теплопроводностью, незначительной сжимаемостью, однородностью, малой водонасыщаемостью (не более 10%), которая не изменяется в течение срока службы дорожной одежды. Кроме того, материал должен быть недорогим и технологичным. Этим требованиям отвечают: полистирол с плотностью 30...60 кг/м³; пено- и газобетон; пенослой,

получаемый путем вспучивания смол, например полиуретановых или фенолформальдегидных.

Для теплоизолирующих слоев пригодны легкие цементобетоны с заполнителем из стиропора, керамзита, вспученного полистирола, а также смеси на основе тех же заполнителей, обработанных органическими вяжущими.

Жесткие пенопласты, пено- и газобетоны используют в виде готовых плит. Большинство других перечисленных материалов входит в состав смесей на основе цемента и органических вяжущих.

Гранулированный заполнитель в передвижных бетономешалках перемешивают с цементом и минеральными материалами. Полученную смесь укладывают бетоноукладочными машинами на синтетическую пленку и уплотняют легкими катками.

Толщина теплоизолирующих слоев зависит от коэффициентов теплопроводности слоев дорожной одежды, лежащих на них. С уменьшением плотности теплоизоляционного материала снижается его теплопроводность, что позволяет снизить толщину слоя.

Наилучшими теплозащитными свойствами характеризуются золашлаковые смеси, укрепленные цементом; грунты, укрепленные гранулированными доменными шлаками и укрепленные грунты с добавками легких заполнителей.

Дренирующие слои из песка впервые были применены на дорогах России в XIX в. при строительстве щебеночных и гравийных покрытий. Поскольку дорожную одежду устраивали в корыте для отвода воды, из дренирующего слоя под обочинами делали поперечные воронки, заполненные песком.

В настоящее время дренирующий слой устраивают по типу объемного поглотителя (рис. 15.1) или на всю ширину земляного полотна (рис. 15.2).

Дренирующий слой по принципу объемного поглощения строят в тех случаях, когда вся поступающая в слой вода может разместиться в его порах.

Эти слои располагают только под дорожной одеждой без устройства из них выпусков. После наступления жаркой погоды вода просачивается к грунтовым водам. Вода в дренирующем слое с некоторым запасом его по толщине на высоту капиллярного поднятия не оказывает вредного воздействия на дорожную одежду.

Для снижения толщины дренирующего слоя и обеспечения выхода воды из него целесообразно устраивать дренирующие слои на всю ширину земляного полотна. В этих случаях очень важно обеспечить земляному полотну требуемый поперечный уклон.

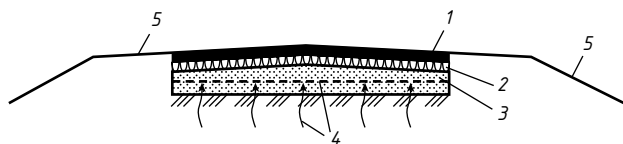


Рис. 15.1. Дренарующий слой по типу объемного поглотителя:
 1 — покрытие; 2 — основание; 3 — дренарующий слой;
 4 — капиллярная вода; 5 — растительный грунт

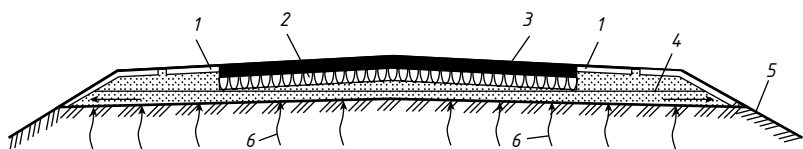


Рис. 15.2. Дренарующий слой на всю ширину земляного полотна:
 1 — укрепленные обочины; 2 — основание; 3 — покрытие; 4 — дренарующий
 слой; 5 — растительный грунт; 6 — капиллярная вода

Наиболее распространенным материалом для дренарующих слоев является песок. Чем крупнее песок и меньше в нем пылевато-глинистых частиц, тем выше его фильтрующие и водоотводящие свойства. Для дренарующих слоев желательны пески с коэффициентом фильтрации не менее 3 м/сут, гравий, шлак, щебень, которые обладают большой прочностью и коэффициентом фильтрации. Из них можно строить дренажные слои меньшей толщины.

Крупнозернистые материалы особенно целесообразны, потому что имеют больший модуль упругости, чем песок, и слой из них может удовлетворять требованию подстилающего и теплоизолирующего слоев.

Строительство дренарующих слоев состоит из следующих рабочих операций: доставки материала автомобилями-самосвалами и высыпания его в кучи на земляное полотно, что препятствует высыханию материала в жаркую погоду; разравнивания материала автогрейдером путем круговых проходов после вывоза всего материала на захватку или бульдозером сразу же после доставки каждой его партии; увлажнения материала до оптимальной влажности и уплотнения пневмоколесными или комбинированными катками.

Очень важно достичь максимальной плотности материала в дренарующем слое во избежание возможных неоднородных по площади просадок дорожной одежды. Требуемую плотность материала определяют по методу стандартного уплотнения. При уплотнении следят

за сохранением в материале оптимальной влажности. В жаркие солнечные дни расход воды увеличивают.

Песчаные дренирующие слои постепенно заиливаются мелкоземом под действием капиллярного поднятия воды. Возможно их заиливание сверху при проникании воды через грунтовую обочину. Заиливание и переувлажнение песчаного дренирующего слоя приводят к потере им несущей способности и образованию деформаций на покрытии. Это вызывает необходимость укладывать сверху и снизу песчаных дренирующих слоев противозаиливающие слои из зернистых материалов.

Во II и III дорожно-климатических зонах при первом и втором типе увлажнения вместо специальных дренирующих слоев на земляном полотне допустимо устройство слоев из грунтов или местных материалов, укрепленных вяжущими. Опыт показывает, что в случае устройства дорожных одежд из укрепленных материалов влажность земляного полотна за счет уменьшения капиллярного поднятия снижается на 8...10%. Этому способствуют также повышенное уплотнение грунтов верхней части земляного полотна, улучшение их путем оптимизации гранулометрического состава и обработки стабилизаторами. В результате отказа от песчаного дренирующего слоя и экономии в привозных материалах затраты на устройство дорожной одежды могут снизиться на 10...15%.

В настоящее время значительное распространение в дорожном строительстве получили синтетические материалы. При строительстве земляного полотна и дренирующих слоев их успешно применяют для ускорения отвода воды и уменьшения ее притока. При этом синтетический материал выполняет функции армирования, что позволяет снизить толщину дренирующего слоя.

Осушение дренирующего слоя и верхней части земляного полотна

Дренирующий слой, занимающий всю ширину земляного полотна, в период, когда из него необходим сброс лишней воды, не работает из-за промерзания обочин. Наблюдения показали, что оттаивание дренирующего слоя в первую очередь происходит под дорожной одеждой и в самый последний момент — под обочинами, поэтому вода из центральной части дренирующего слоя не находит выхода через промерзший участок под обочинами. Для устранения этого недостатка необходимо осушение дренирующего песчаного слоя и верхней части земляного полотна дренажными трубами.

Наибольшее применение находит система укладки по краям дополнительного слоя основания продольных трубчатых дрен с выпуском из них воды поперечными трубами только в пониженных точках продольного профиля (рис. 15.3). Расположение труб вне дорожного основания и покрытия позволяет их укладывать после окончания работ по строительству дорожной одежды. При эксплуатации дороги это дает возможность в случае засорения труб производить их вскрытие без нарушения дорожной одежды.

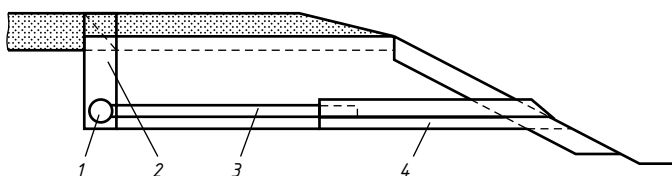


Рис. 15.3. Осушение дренирующего песчаного слоя продольными дренами: 1 — продольная дрена; 2 — геотекстиль; 3 — поперечная дрена; 4 — насадка

Продольные трубчатые дренажи применяют для осушения дренирующего слоя при всех капитальных покрытиях. Укладывают их по обоим краям двускатной проезжей части или в одну линию при односкатной проезжей части.

Осушение дренирующего слоя продольными дренами позволяет сократить расход песка для дренирующего слоя и для присыпки обочин, так как при дренирующем слое на всю ширину земляного полотна во избежание его заиливания необходимо и обочины над ним тоже присыпать песком.

Наиболее часто используют гончарные и асбестоцементные трубы диаметром 8...10 см. Можно также применять полиэтиленовые, пропиленовые или винилпластовые трубы.

Трубы укладывают в траншеи шириной 0,2...0,4 м, глубиной 0,5...0,8 м, выкапываемые траншейными экскаваторами.

Для поступления воды в продольные трубы в нижней своей части они имеют пропилы шириной 1...3 мм или отверстия диаметром менее 7 мм. Пропилы и отверстия располагают так, чтобы в них не попадал песок из дренирующего слоя.

Дренажные трубы на всем их протяжении целесообразно обертывать пористыми синтетическими материалами, крупнопористым шлаковолокном, фильтровыми тканями. Это значительно повышает производительность, исключает необходимость применения щебня, но повышает затраты ручного труда.

Во избежание просадок трубы укладывают на слой из грунтощебня или гравийной смеси толщиной 5...10 см. Эту подушку тщательно уплотняют вибро- или пневмотрамбовками.

В пониженных местах продольного профиля из продольных дренажей делают поперечные выпуски для сбрасывания воды. Выпуски располагают в местах, где они не будут подвержены подтоплению водой. Для предохранения от разрушения, а также для облегчения осмотра и очистки выпуски должны выступать на 0,2...0,3 м за пределы откоса земляного полотна.

15.3. Применение укрепленных грунтов для строительства дорожных одежд

Общие принципы укрепления грунтов

Применение грунтов и других местных материалов в укрепленном виде в дорожных одеждах является одной из наиболее реальных возможностей снижения стоимости строительства и затрат ресурсов. Техничко-экономические расчеты, проведенные с учетом фактических производственных затрат, показывают, что применение слоев из укрепленных грунтов вместо равнопрочных оснований из привозных каменных материалов приводит к снижению стоимости на 20...60%.

Особенно эффективно использование укрепленных грунтов в районах строительства, лишенных месторождений каменных материалов, таких как центральные и южные области европейской части России, Западная Сибирь.

При строительстве дорожных одежд в этих районах возникает необходимость в перевозках щебня на большие расстояния, что увеличивает первоначальную его стоимость в 3...6 раз и является главной причиной значительного удорожания строительства.

Помимо отмеченной экономической эффективности дорожные одежды с конструктивными слоями из укрепленных грунтов имеют следующие существенные преимущества по сравнению с дорожными одеждами из зернистых материалов:

- более длительное сохранение ровности покрытия, особенно при интенсивном морозном пучении грунта земляного полотна;
- значительное улучшение водно-теплового режима земляного полотна;
- уменьшение на 15...45% потребности в дефицитных минеральных материалах и в 1,5...3 раза — в транспорте;

— сокращение трудозатрат в 1,5...2 раза.

Укрепленные грунты в зависимости от их физико-механических свойств, категории автомобильной дороги, дорожно-климатической зоны и других факторов используют:

- для устройства слоев оснований и повышения прочности верхней части земляного полотна на дорогах с интенсивным движением;
- устройства покрытий облегченного типа с устройством защитного слоя на местных дорогах;
- строительства покрытий и оснований аэродромов, промышленных и лесовозных дорог, площадей, стоянок автотранспорта.

Принципы конструирования дорожных одежд с использованием укрепленных грунтов и многолетний производственный опыт эксплуатации таких дорожных одежд позволяют рекомендовать следующие основные схемы конструкций дорожных одежд (рис. 15.4).

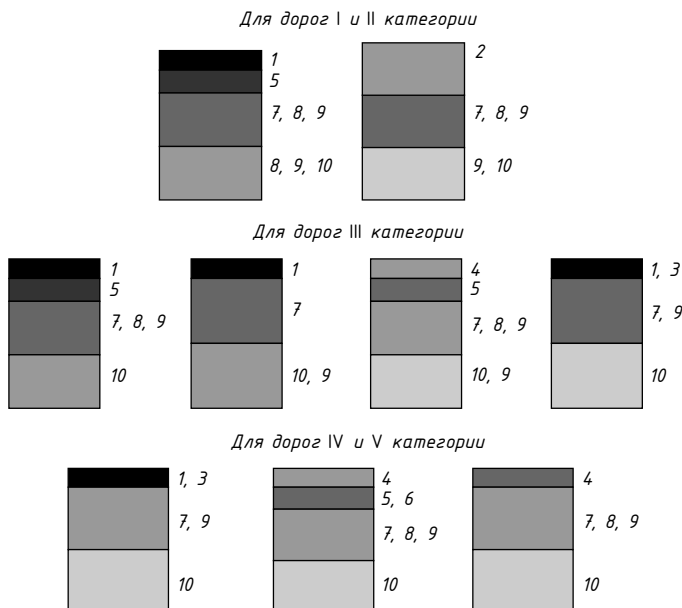


Рис. 15.4. Конструкции дорожных одежд со слоями из укрепленных грунтов: 1 — одно- или двухслойное асфальтобетонное покрытие; 2 — цементобетонное покрытие; 3 — покрытие из битумоминеральной смеси; 4 — поверхностная обработка или тонкий защитный слой; 5 — черный щебень; 6 — покрытие, устроенное методом смешения или пропитки; 7 — основание или покрытие из грунта, укрепленного комплексными вяжущими; 8 — основание или покрытие из грунта, укрепленного органическими вяжущими; 9 — основание или покрытие из грунта, укрепленного минеральными вяжущими; 10 — слой основания из песка или крупнообломочного материала

В конкретных случаях могут быть разработаны конструкции дорожных одежд, отличные от приведенных на рис. 15.4.

При назначении конструкции дорожной одежды следует учитывать климатические особенности района строительства.

Нормативные значения модулей упругости конструктивных слоев из укрепленных грунтов приведены в ОДН 218.046—01.

Минимальная толщина слоя из укрепленного грунта составляет 10 см, а максимальная зависит от возможностей уплотняющей машины, но, как правило, не превышает 25 см. При необходимости устройства основания большей толщины укладывают два слоя.

Для ограничения количества отраженных трещин в покрытиях из асфальтобетона или органоминеральных смесей, укладываемых на основание из цементогрунта, необходимо использовать специальные конструктивные и технологические решения:

- устройство трещинопрерывающих прослоек между слоями основания и покрытия;

- фрагментирование оснований путем устройства швов с последующей их заливкой мастикой;

- армирование битумоминеральных покрытий и жестких оснований;

- увеличение деформативности жестких оснований за счет уменьшения дозировок цемента или введения в смесь органических вяжущих;

- повышение деформативности и трещиностойкости покрытий.

При назначении дорожной конструкции с тонкослойными (3...6 см) покрытиями из асфальтобетона или битумоминеральной смеси на основании из цементогрунта (комплексно укрепленного грунта) для обеспечения сдвигоустойчивости в плоскости раздела и трещиностойкости конструкции следует учитывать технологические особенности строительства, заключающиеся в правильном выборе режимов подгрунтовки основания.

Как известно, природные образования — грунты в естественном состоянии обладают невысокой прочностью и водостойкостью. Для возможности использования в конструкциях дорожных одежд их следует сделать прочными и устойчивыми, не зависящими от перемены влажности, погодных условий и переменных нагрузок при движении транспорта. Первые удачные опыты обработки грунтов цементом в России в целях коренного изменения их первоначальных свойств провели около 100 лет назад. К настоящему времени только в России разработано около 200 методов укрепления грунтов и местных материалов, и количество их растет с каждым годом.

Разработке и совершенствованию методов укрепления грунтов способствовали в первую очередь положительные результаты производственного внедрения технологий, основанных на использовании наиболее распространенных вяжущих — битума, цемента, извести. Важную роль в развитии этих методов сыграли достижения в области грунтоведения, технологии вяжущих веществ и обработки грунтов.

Большой вклад в разработку теоретических основ методов укрепления грунтов был сделан академиком П.А. Ребиндером и его учениками, показавшими принципиальную возможность направленного структурообразования и формирования заданных свойств укрепленных грунтов на основе использования принципов физико-химической механики дисперсных тел.

Наиболее значимые достижения в области разработки многочисленных методов укрепления грунтов, осмысления сложных процессов, происходящих в грунте при внесении вяжущих, принадлежат отечественной школе укрепления грунтов, возглавляемой профессором В.М. Безруком в период 1940...1980-х гг.

Превращение грунта в качественный дорожно-строительный материал с заданными свойствами возможно лишь на основе комплексного химического, физико-химического и механического воздействия на грунт, объединенного в единый взаимосвязанный технологический процесс.

Укреплением грунтов называют ряд последовательных технологических операций, обеспечивающих в результате воздействия на грунт добавок вяжущих и других веществ высокую прочность и длительную устойчивость его не только в сухом, но и в водонасыщенном состоянии.

Процессы, происходящие при укреплении грунтов, весьма разнообразны, зависят от свойств грунта, применяемых вяжущих и включают:

- химические процессы — образование нерастворимых в воде соединений, гидролиз и гидратацию минеральных вяжущих веществ, полимеризацию и поликонденсацию синтетических полимерных веществ;

- физико-химические процессы — ионный обмен, необратимую коагуляцию, микроагрегирование;

- физические и механические процессы — размельчение, перемешивание и уплотнение грунта, способствующие более тесному контакту его частиц как между собой, так и с вводимыми в грунт вяжущими.

Правильное взаимное сочетание указанных процессов и их усиление действием поверхностно-активных и других веществ обеспечива-

ют преобразование природных свойств грунта с приданием ему монолитности, прочности и водоустойчивости. При этом в зависимости от применяемых веществ и свойств грунта характер структурообразования и структурно-механические свойства укрепленного грунта бывают различными.

При укреплении грунтов добавками жидкого, вспененного битума или битумной эмульсией формируется коагуляционная структура материала. Коагуляционные структуры характеризуются тем, что частицы дисперсной фазы образуют беспорядочную пространственную сетку. Возникновение отдельных коагуляционных связей, происходящее под влиянием относительно слабых молекулярных сил, осуществляется через тонкую прослойку жидкой фазы. Это определяет особенности и свойства пространственных структур такого типа. Коагуляционные структуры характеризуются следующими свойствами: небольшой прочностью, предельной тиксотропностью (восстановление свойств), пластичностью, высокой эластичностью и водостойкостью.

Укрепление грунтов минеральными вяжущими в виде цемента или извести характеризуется формированием кристаллизационной структуры. Эта структура возникает в результате срашивания кристаллов новой твердой фазы, возникающей из пересыщенного раствора. Установлено, что кристаллизационные структуры являются наиболее прочными и водоустойчивыми, а потому и долговечными, особенно при высокой плотности и отсутствии крупных открытых пор, которые вызывают пониженную морозостойкость. Обладая высокой прочностью и модулем упругости, материалы с кристаллизационной структурой характеризуются низкой трещиностойкостью ввиду малых предельных относительных удлинений.

При обработке грунтов синтетическими смолами типа карбамидных или фурфуроланилиновых образуются конденсационные структуры. Эти структуры характеризуются тем, что возникают при действии наибольших сил сцепления — химических и отличаются наиболее высокой прочностью, хрупкостью. Основным недостатком конденсационной структуры является наличие в ней большого числа дефектов и пор клиновидного характера, определяющих низкую водостойкость.

Как видно из приведенного ранее обзора, грунты, укрепленные одним вяжущим, характеризуются большим набором отрицательных свойств, значительно снижающих срок службы конструктивного слоя. В случае укрепления грунтов органическими вяжущими материал получается чрезмерно деформативным, что предопределяет

быстрое колееобразование и другие пластические деформации в слое при эксплуатации дороги. При укреплении грунта минеральным вяжущим получаемый материал, как правило, обладает высокой прочностью, жесткостью, малым предельным относительным удлинением, что вызывает появление трещин температурно-усадочного характера в осенне-зимний период. Основными недостатками грунтов, укрепленных синтетическими смолами, являются недостаточная водо- и морозостойкость, чрезмерная хрупкость.

В процессе разработки различных методов укрепления грунтов они совершенствовались, и при этом находились эффективные новые решения по существенному улучшению их структурно-механических свойств. Было установлено, что при укреплении грунтов двумя различными вяжущими материалами, характеризующимися весьма различными свойствами и структурой, укрепленные грунты приобретают повышенную сдвиго-, морозо-, температуроустойчивость, и при необходимости они могут быть менее жесткими и более деформативными материалами.

Методы, сочетающие при укреплении грунтов внесение добавок двух вяжущих веществ или одного вяжущего и поверхностно-активного вещества (ПАВ), получили название комплексных методов. Разработка комплексных методов укрепления грунтов открыла более широкие возможности для направленного регулирования процессов структурообразования, создания повышенной прочности и других свойств укрепленных грунтов в зависимости от области применения такого материала в различных природных условиях. В процессе изучения преимуществ, заложенных в комплексных методах укрепления, было установлено, что при этом формируются ранее неизвестные типы сложных пространственных структур совмещенного типа. Особенностью совмещенных структур является то, что в микрообъемах укрепленного грунта формируются два типа пространственных бинарных структур, характеризующихся разными свойствами, взаимно дополняющими друг друга и компенсирующими недостатки каждой из моноструктур. Бинарные структуры — взаимопроникающие и сменяют друг друга в небольших объемах укрепленного грунта.

Укрепление грунтов вяжущими материалами и создание новых материалов с требуемыми структурно-механическими свойствами могут дать положительный результат лишь при обязательном выполнении следующих технологических операций:

- размельчение комков (агрегатов) в случае обработки связных грунтов;

- равномерное распределение вяжущего в грунте;
- равномерное увлажнение грунта до оптимальной влажности и уплотнение до максимальной плотности;
- обеспечение требуемого режима формирования слоя в отношении влажности и температуры.

На основе обобщения производственного опыта и проведенных исследований в зависимости от гранулометрического состава все грунты можно разделить по степени их пригодности для укрепления вяжущими материалами на три группы: пригодные, условно пригодные и непригодные.

К пригодным грунтам относят крупнообломочные и песчаные грунты оптимального гранулометрического состава, супесчаные и легкосуглинистые грунты.

Условно пригодные грунты включают суглинистые и глинистые грунты, мелкие однородные пески и крупнообломочные грунты неоптимального гранулометрического состава. При укреплении указанных грунтов необходимо вводить в них гранулометрические добавки, поверхностно-активные вещества, использовать комплексные методы укрепления.

Непригодные грунты представлены высокопластичными глинами, обладающими большой прочностью и связностью в сухом состоянии. Такие грунты требуют больших затрат механической энергии на размельчение и обработку, а также чрезмерного расхода вяжущих, что экономически невыгодно.

Для каждой из указанных групп могут быть введены дополнительные ограничения в зависимости от метода укрепления, конструктивных требований к дорожной одежде, ограничений по климатическим условиям и в связи с сильным засолением грунтов, содержанием гумусовых веществ.

Для обработки минеральными вяжущими наиболее целесообразно применять крупнообломочные и песчаные грунты оптимального гранулометрического состава, супесчаные и суглинистые грунты с числом пластичности до 12.

Не допускается применять грунты, содержащие гумусовые вещества в количестве более 4%, и примеси гипса в количестве 10% по массе. При укреплении засоленных грунтов содержание в них солей ограничивается 4% массы грунта при хлоридном и сульфатно-хлоридном засолении и 2% — при сульфатном засолении. При укреплении крупнообломочных грунтов неоптимального гранулометрического состава и однородных песков для уменьшения расхода вяжущих и улучше-

ния свойств в них следует вводить гранулометрические добавки (отходы камнедробления, золошлаковые смеси, супесчаные грунты).

При укреплении глинистых грунтов необходимо предварительно обеспечить тщательное измельчение комков глинистого грунта до такой степени, чтобы массовая доля комков крупнее 5 мм была не более 25%. В том числе содержание комков более 10 мм допускается не более 10%.

Грунты, характеризующиеся кислой средой ($\text{pH} < 7$), допускается укреплять минеральными вяжущими при условии предварительной нейтрализации кислотности таких грунтов добавками извести, каустической соды или других щелочных соединений.

Для приготовления укрепленных грунтов можно применять следующие вяжущие материалы:

- портландцемент и шлакопортландцемент марок не ниже 400 — для покрытий и марок не ниже 300 — для оснований;
- известь гашеную и негашеную;
- молотые активные шлаки черной и цветной металлургии, золы-уноса, бокситовые и нефелиновые шламы. Эти медленно твердеющие вяжущие можно применять в сочетании с активаторами в виде портландцемента, извести, жидкого стекла.

Наибольший эффект при использовании извести достигают, если укрепляют тяжелые суглинки и глины.

Укрепленные грунты должны обладать техническими показателями, установленными с учетом требований движения и условий работы слоев укрепленного грунта в дорожной одежде. К наиболее важным показателям относят механическую прочность, водо- и морозостойкость.

При подборе состава устанавливают необходимое количество вяжущего, обеспечивающее получение укрепленных грунтов с заданными марками по прочности и морозостойкости (табл. 15.1).

Таблица 15.1

Требования к грунтам, укрепленным минеральными вяжущими

Марка по прочности	Прочность, МПа, не менее	
	на сжатие	на растяжение при изгибе
M10	1,0	0,2
M20	2,0	0,4
M40	4,0	0,8
M60	6,0	1,2
M75	7,5	1,5
M100	10,0	2,0

По морозостойкости укрепленные грунты подразделяют на марки F5, F10, F15, F25, F50, F75. За марку по морозостойкости принимают установленное число циклов попеременного замораживания и оттаивания, при которых допускается снижение прочности на сжатие не более чем на 25% от нормируемой прочности.

Многолетний опыт показывает, что требования к морозостойкости должны быть дифференцированы и изменяться в зависимости от климатических условий и местоположения конструктивного слоя из укрепленного грунта в дорожной конструкции.

Для обработки органическими вяжущими применяют крупнообломочные, песчаные, супесчаные и суглинистые грунты с числом пластичности до 12. Введение в связные грунты гранулометрических и активных добавок в виде извести, цемента, золы-уноса, природных песков позволяет использовать суглинки и глины с числом пластичности до 22. Допускается применение засоленных грунтов, содержащих легкорастворимые соли не более 1% по массе. Требования к агрегатному (гранулометрическому) составу связных грунтов такие же, как и в случае обработки минеральными вяжущими.

В случае применения грунтов с показателями качества ниже приведенных должно быть проведено их исследование в специализированных лабораториях для подтверждения возможности и технико-экономической целесообразности получения укрепленных грунтов, отвечающих существующим требованиям (табл. 15.2).

Таблица 15.2

Требования к грунтам, укрепленным органическими вяжущими

Показатель	Значение показателя
Прочность при сжатии (МПа) при температуре (°C), не менее	
20	1,0
50	0,5
Прочность при сжатии водонасыщенных образцов при 20 °C (МПа), не менее	0,6
Морозостойкость, число циклов	10; 15; 25; 50
Водонасыщение (% по объему), не более	12,0
Набухание (% по объему), не более	4,0

Для укрепления грунтов используют в основном следующие органические вяжущие материалы:

- битумы нефтяные дорожные жидкие;

- гудроны (сырье для производства нефтяных вязких битумов);
- нефти высокосмолистые;
- битумы сланцевые жидкие;
- эмульсии дорожные битумные (в том числе на твердом эмульгаторе);
- вспененные битумы;
- универсины (органические вяжущие, получаемые смешением экстрактов селективной очистки масел с нефтяными остатками типа гудрона).

Для укрепления грунтов применяют жидкие битумы класса СГ, МГ, МГО с вязкостью не более 100 с. Допустимо применение разжиженных битумов.

Битумы нефтяные дорожные жидкие используют преимущественно в III...V дорожно-климатических зонах, битумы сланцевые жидкие (с вязкостью не более 100 с) — во II зоне.

Взамен жидких битумов можно применять высокосмолистые нефти с вязкостью по стандартному вискозиметру не менее 7 с.

Для укрепления грунтов, применяемых во II...V дорожно-климатических зонах, следует использовать эмульсии дорожные битумные анионные (класс ЭБА-3) и катионные (класс ЭБК-3).

В III...V дорожно-климатических зонах для укрепления грунтов можно использовать битумные пасты, приготовленные с использованием в качестве эмульгатора извести.

Наилучшим является вяжущее, которое будет достаточно жидким при смешении, а после уплотнения смеси быстро набирает вяжущие свойства. Таким условиям лучше всего отвечают битумные эмульсии и вспененные битумы.

При укреплении грунтов органическими вяжущими применяют активные добавки (активаторы) или поверхностно-активные вещества в следующих целях:

- улучшение физико-механических свойств грунта;
- повышение сцепления органического вяжущего с поверхностью грунтовых частиц;
- ускорение формирования укрепленного грунта.

К активаторам относятся известь, портландцемент, зола-уноса сухого отбора. В качестве ПАВ применяют катионо- и анионоактивные вещества. Выбор органического вяжущего и добавок зависит от состава и свойств укрепляемых грунтов, а также условий их работы в дорожной одежде. Ориентировочно дозировка основного вяжущего материала находится в интервале 3...8% массы грунта. Расход порошкообраз-

ных активаторов составляет 1,5...5,0% массы смеси, а расход жидких ПАВ — 3...7% (от веса вяжущего) при введении в битум и 0,05...0,7% (от веса грунта) — при введении в грунт. Расход вяжущих и добавок уточняют при лабораторном подборе составов смесей и определении физико-механических свойств образцов из укрепленных грунтов.

При укреплении грунтов органическими вяжущими следует различать «влажность грунта при смешении его с органическим вяжущим» и «оптимальную влажность смеси при уплотнении». Влажность грунта при смешении — это та наименьшая влажность, при которой органическое вяжущее равномерно распределяется в грунте. Необходимую влажность грунта при смешении определяют методом подбора по визуальной оценке качества смеси. Под оптимальной влажностью при уплотнении смеси понимают ту влажность, при которой достигается максимальная плотность, прочность при сжатии образцов имеет наибольшее значение, а набухание — наименьшее. Водостойкость укрепленного грунта достигается заполнением его пор вяжущими. Необходимое для этого количество вяжущего зависит от пористости грунта.

В настоящее время в России насчитывается более 100 комплексных методов укрепления грунтов, но в практике дорожного строительства наибольшее распространение получили два метода обработки грунта: цементом (известью) в сочетании с органическими добавками; карбамидными смолами с органическими вяжущими.

Требования к свойствам укрепленных грунтов, обработанных по первому направлению, приведены в табл. 15.3, а по второму — в табл. 15.4.

Таблица 15.3

**Требования к грунтам, укрепленным органическими
вяжущими совместно с минеральными**

Показатель	Обработанные грунты
Прочность при сжатии (МПа), при температуре 20 °С, не менее	1,5
Прочность при сжатии водонасыщенных образцов при 20 °С (МПа), не менее	1,0
Прочность при растяжении при изгибе водонасыщенных образцов при 20 °С (МПа), не менее	0,4
Морозостойкость, число циклов	10; 15; 25; 50
Набухание (% по объему), не более	2,0
Водонасыщение (% по объему), не более	12

Таблица 15.4

**Требования к грунтам, укрепленным карбамидной
смолой совместно с битумной эмульсией**

Показатель	Класс прочности обработанного грунта	
	I	II
Прочность при сжатии водонасыщенных образцов при 20 °С (МПа), не менее	4...2,5	2,5...1,5
Прочность при сжатии при 50 °С (МПа), не менее	2,0	1,5
Прочность при растяжении при изгибе водонасыщенных образцов при 20 °С (МПа), не менее	1,0	0,6
Коэффициент морозостойкости, не менее	0,85	0,8
Водонасыщение (% по объему), не более	3	5

Морозостойкость укрепленных грунтов характеризуют числом циклов замораживания — оттаивания, при которых потеря прочности при сжатии водонасыщенных образцов при температуре 20 °С не превышает 30%.

Для обработки комплексными методами используют те же грунты, что и в случае применения органических вяжущих. При сочетании минеральных и органических вяжущих применяют: портландцемент, шлакопортландцемент, известь, золу-уноса вместе с жидким битумом, битумной эмульсией, нефтью, вспененным битумом.

По второму направлению карбамидную смолу используют чаще всего с битумной эмульсией или нефтью.

При укреплении грунтов органическими вяжущими с добавкой неорганических вяжущих материалов улучшаются не только физико-механические свойства, но и деформативная устойчивость и долговечность укрепленного материала.

Технология производства работ с использованием укрепленных грунтов

Технология производства работ определяется категорией дороги, дорожно-климатической зоной, типом грунта, видом вяжущего и добавок, а также имеющимися средствами механизации.

В настоящее время существуют три основных способа производства работ: приготовление смеси из местных или привозных грунтов в стационарных или полустационарных смесительных установках с последующим транспортированием готовой смеси к месту укладки;

приготовление и укладка смесей смешением на дороге с использованием однопроходных грунтосмесительных машин; приготовление и укладка смеси смешением на дороге с использованием многопроходных дорожных фрез.

Приготовление смеси в смесительной установке — наиболее эффективный способ с точки зрения обеспечения однородности смеси, точности дозировки вяжущих и других реагентов и возможности укладки готовой смеси слоем заданной толщины. Вместе с тем при этом способе приготовления и укладки смеси стоимость устройства основания или покрытия несколько выше, чем при других способах, из-за необходимости перевозки готовой смеси к месту ее укладки. Учитывая высокую производительность современных грунтосмесительных установок и однородность приготавливаемых на них смесей, установки используют в основном при скоростном строительстве оснований дорог I...III категории.

При строительстве оснований и покрытий дорог II...III категории целесообразно применение однопроходных грунтосмесительных машин. Механизированные отряды с ведущей однопроходной машиной более производительны, чем отряды с дорожными фрезами, поскольку обеспечивают более высокое качество смеси и эффективное использование вспомогательных машин, входящих в состав отряда.

Многопроходные дорожные фрезы применяют для строительства оснований и покрытий на дорогах IV, V категории, сельскохозяйственных и внутрихозяйственных дорогах.

Независимо от принятого способа производства работ основания или покрытия из укрепленного грунта устраивают поточным методом.

Технология производства работ с применением грунтосмесительной установки

Способ производства работ с помощью смесительной установки следует применять при устройстве оснований из несвязных грунтов, так как установки предназначены для обработки грунтов с числом пластичности до 3. Выбор типа установки зависит от ее производительности и возможности перемещения.

Технология производства работ, при которой в качестве ведущей машины используется грунтосмесительная установка, включает приготовление смеси грунта с вяжущим и транспортирование ее к месту укладки; распределение, укладку и уплотнение смеси; уход за уложенным слоем.

Принципиальная схема установки ДС-50Б показана на рис. 15.5.

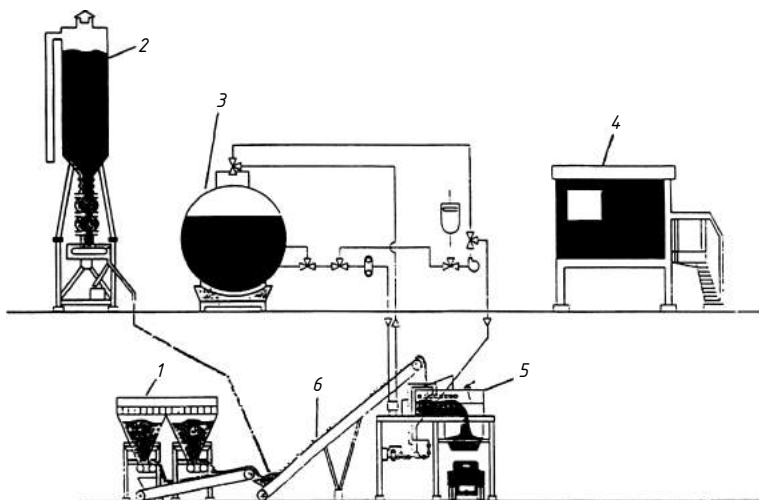


Рис. 15.5. Принципиальная схема установки ДС-50Б:

- 1 — агрегат питания; 2 — агрегат порошкообразных материалов;
3 — цистерна с насосными установками; 4 — кабина оператора;
5 — смесительный агрегат; 6 — ленточный наклонный конвейер

Комплект оборудования может работать в автоматическом и дистанционном режимах управления.

Грунтосмесительные установки обеспечивают, как правило, возможность получения смесей из грунтов, обработанных минеральными, органическими вяжущими, а также сочетанием двух типов вяжущих (комплексный метод). В случае комплексной обработки грунтов карбамидной смолой и битумной эмульсией (нефтью) в комплект оборудования установки включают емкость для карбамидной смолы.

При изготовлении смеси отдозированный грунт, гранулометрические добавки, вода и вяжущие подаются в смесительное отделение одновременно. В случае приготовления цементогрунтовой смеси все технологические операции по устройству слоя должны быть завершены не позднее 4 ч с момента ее приготовления. При необходимости удлинения рабочей смены до 8...12 ч в смесь в виде водных растворов вводят технический лигносульфонат или кремнийорганическую добавку в количестве соответственно 0,5...1 и 0,01...0,5% массы цемента. При использовании смесей, содержащих цемент и органическое вяжущее, безопасный технологический разрыв между приготовлением и уплотнением смеси может быть увеличен до 8 ч.

Приготовленную смесь автомобилями-самосвалами вывозят на дорогу, укладывают на подготовленное основание с помощью самоходного укладчика, планировщика (типа ДС-108 из комплекта ДС-110) или автогрейдера и уплотняют до максимальной плотности с помощью пневмо-, вибро- или комбинированных (пневмо + вибро) катков. За уплотненным слоем из грунта, укрепленного минеральным вяжущим или минеральным и органическим вяжущим, необходимо производить уход в течение 5...10 сут.

Уход осуществляют с помощью рулонных паронепроницаемых пленок, битумированной бумаги, песка слоем не менее 5 см или путем розлива пленкообразующих материалов (битумной эмульсии, жидкого битума, помароля) в количестве 0,8...1,5 л/м².

На рисунке 15.6 представлена технологическая карта по строительству основания из местного песчаного грунта, укрепленного цементом и битумной эмульсией. Смесь готовится на грунтосмесительной установке ДС-50 Б. В технологической карте предусмотрено строительство основания для дороги II категории шириной 8 м и толщиной 20 см. Длина сменной захватки, соответствующая производительности установки 1600 т за смену, составляет 450 м. Для уплотнения и профилирования основания использованы пневмокотки ДУ-29 и профилировщик ДС-108. Уход за уложенным слоем осуществлен путем розлива эмульсии ЭБА-1 с помощью автогудронатора ДС-39 Б.

Строительство слоя основания осуществляется на дренирующем слое из песка методом «от себя». Предварительное (грубое) профилирование смеси производится автогрейдером ДЗ-98.

Технология обработки грунтов однопроходными грунтосмесительными машинами

Эта технология осуществляется на дороге и включает:

- профилирование обрабатываемого слоя;
- распределение гранулометрических добавок (при необходимости);
- размельчение связных грунтов (необходимость дополнительно прохода машины для измельчения связного грунта определяется заранее);
- дозирование и распределение вяжущих материалов;
- перемешивание грунта с добавками, вяжущими и водой;
- профилирование и уплотнение смеси;
- уход за слоем основания.

В качестве ведущей машины при производстве работ применяют современные грунтосмесители-ресайклеры иностранного производства (например, фирм Wirtgen, Caterpillar) (рис. 15.7).

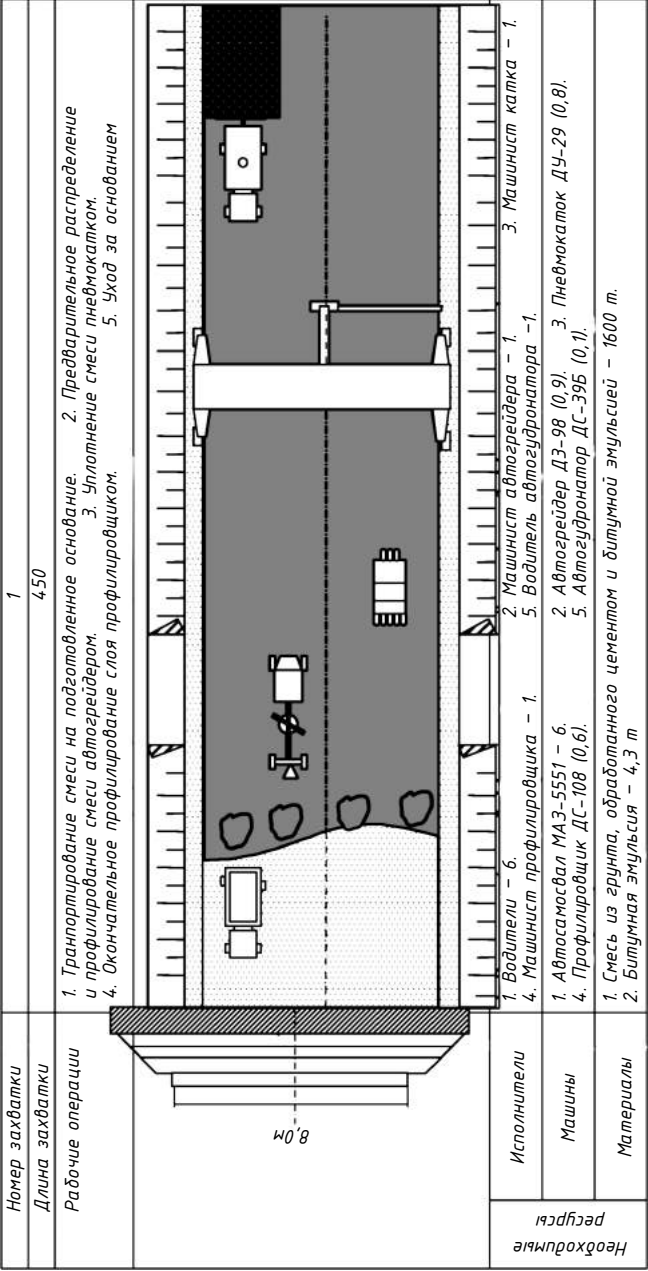


Рис. 15.6. Технологическая карта по строительству основания из укрепленного грунта с использованием грунтосмесительной установки



Рис. 15.7. Грунтосмеситель-ресайклер WR-2500S

Все грунтосмесительные машины оснащены устройствами для дозирования и подачи воды и органических вяжущих в смесительную камеру. Большинство грунтосмесителей-ресайклеров могут готовить на ходу вспененный битум путем объединения в рабочих форсунках горячего вязкого битума и воды. В этом случае битумовоз, соединенный с ресайклером битумопроводом, устанавливают впереди ресайклера. Возможно в этой технологии применение других органических вяжущих (битумной эмульсии, гудрона, нефти, жидкого битума).

При необходимости использования комплексных методов обработки перед проходом грунтосмесительной машины по поверхности грунта распределителем сыпучих веществ рассыпаются цемент, известь или зола-уноса. Машина перемешивает все ингредиенты смеси и увлажняет ее до оптимальной влажности за один проход. В настоящее время фирма Wirtgen выпускает машину WR-2500SK, обеспечивающую дозирование и подачу в смесительную камеру как органических, так и минеральных вяжущих в сыпучем состоянии. Профилирование смеси осуществляют автогрейдером, уплотнение — комбинированными или пневмокатками. При использовании минеральных вяжущих за уплотненным слоем осуществляют уход. Ориентировочная длина захватки — 200...400 м.

Технология обработки грунтов многопроходными фрезами

Применение многопроходных фрез (рис. 15.8) предполагает выполнение тех же технологических операций, что и в случае применения однопроходных машин, но имеет ряд существенных отличий:

- ввиду меньшей производительности фрезы длину захватки назначают в пределах 100...200 м;
- грунты не должны иметь включений крупнее 25 мм;
- для размельчения связных грунтов до требуемого агрегатного состава требуется один — три прохода фрезы по одному следу;
- при использовании минеральных вяжущих их перемешивают с сухим грунтом за один-два прохода фрезы;
- при использовании органических вяжущих в грунт сначала вводят количество воды, обеспечивающее хорошее распределение вяжущего, перемешивают, затем вносят органическое вяжущее и после перемешивания — оставшуюся воду;
- в случаях больших дозировок органических вяжущих их вводят через распределительное устройство фрезы за два-три приема;
- при обработке грунта комплексными методами грунт сначала перемешивают с органическими вяжущими, затем с минеральными, после чего оптимально увлажняют.



Рис. 15.8. Многопроходная дорожная фреза

Контроль за качеством производства работ

Контроль при укреплении грунтов минеральными вяжущими. Не реже одного раза в смену необходимо проверять:

- степень размельчения (агрегатный состав) глинистых грунтов путем рассева средних проб на ситах с отверстиями 5 и 10 мм;
- точность дозирования вяжущего и равномерность распределения его по грунту;
- влажность обрабатываемых грунтов и готовой смеси;
- степень уплотнения слоя укрепленного грунта;
- толщину слоя, ровность и поперечный уклон.

Не реже *одного раза в квартал* проверяют:

- гранулометрический состав несвязных грунтов;
- число пластичности связных грунтов;
- засоление грунтов легкорастворимыми солями;
- марку материала по морозостойкости и прочности при изгибе (раскалывании);

- удельную активность естественных радионуклидов в грунтах.

Точность дозирования вяжущего и равномерность его распределения определяют путем отбора проб готовой смеси из партии, изготовления образцов в соответствии с ГОСТ 23558—94, их формирования и последующего испытания на прочность при сжатии. Партией считают количество укрепленного грунта, изготовленное в течение одной смены, но не более 1000 м³.

Влажность грунтов и смесей определяют:

- в термостате высушиванием средней пробы до постоянной массы при температуре 105 °С;
- влагомером-плотномером системы Ковалева;
- с помощью радиоизотопных приборов ВПГР-1, УР-70, РВПП-1 в соответствии с требованиями ГОСТ 23061—90;
- карбидным влагомером ВП-2;
- высушиванием средней пробы на газовой плитке или при сжигании денатурированного спирта в случае отсутствия в грунте органических включений.

Плотность укрепленного грунта определяют:

- с помощью режущих колец;
- плотномером системы Ковалева;
- обмером и взвешиванием вырубков правильной геометрической формы или их гидростатическим взвешиванием;
- методом «лунки» для крупнообломочных грунтов;
- с помощью радиоизотопных приборов РПП-2 (ВПГР-1).

Ровность основания определяют с помощью трехметровой рейки в соответствии со СНиП 3.06.03—85, а поперечный уклон — с помощью уклономера.

Содержание легкорастворимых солей в засоленных грунтах определяют по ГОСТ 25100—95. Морозостойкость и прочность укрепленных грунтов при изгибе устанавливают в соответствии с ГОСТ 23558—94. Удельную активность естественных радионуклидов определяют гамма-спектрометрическим методом по ГОСТ 30108—94.

Контроль при укреплении грунтов органическими вяжущими и комплексными методами. Для проверки соответствия качества укреплен-

ных грунтов требованиям ГОСТ 30491—97 проводят приемо-сдаточные и периодические испытания партий смесей.

При изготовлении смесей в грунтосмесительных установках партией считают количество материала, выпускаемого в течение одной смены, но не более 400 т.

При проведении работ методом смешения на месте партией считают количество материала, обрабатываемого в течение одной смены, но не более 300 т.

При приемо-сдаточных испытаниях определяют температуру смесей, водонасыщение, набухание, прочность при сжатии при температурах 20 и 50 °С, водостойкость и слеживаемость смесей с жидкими органическими вяжущими, степень размельчения глинистых грунтов, влажность и плотность укрепленных грунтов.

При периодических испытаниях определяют:

- один раз в месяц — состав укрепленных грунтов;
- один раз в полгода — водостойкость при длительном водонасыщении, прочность на растяжение при изгибе, морозостойкость и удельную эффективную активность естественных радионуклидов.

Периодические испытания проводят также в случае изменения свойств грунтов и вяжущих.

Для контроля качества укрепленных грунтов от каждой партии отбирают и испытывают одну объединенную пробу, которую получают смешением трех-четырёх точечных проб.

Укрепленные грунты и смеси испытывают в соответствии с ГОСТ 30491—97, ГОСТ 12801—98, Руководством по грунтам и материалам, укрепленным органическими вяжущими.

15.4. Применение стабилизаторов глинистых грунтов для строительства дорожных оснований

Заметное место при строительстве дорог в настоящее время во многих странах занимают стабилизаторы глинистых грунтов.

Эти стабилизаторы уже несколько десятилетий широко используются в США, Германии, Австралии, ЮАР для строительства оснований и покрытий дорог низких категорий, подъездов, стояночных площадок. В последние 15 лет достаточно активно они используются

в России. В практике дорожного строительства наиболее часто применяются стабилизаторы RRP, ISS-2500, Roadbond, Permosaim.

В России, обладающей громадным научным потенциалом и богатым многолетним опытом в области укрепления грунтов, также развивалось научное направление, связанное с гидрофобизацией глинистых грунтов аналогичными составами. В большей степени известны композиции, разработанные в Институте оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова и Казанском политехническом институте. Используя разработанные композиции, удалось увеличить водостойкость, модуль упругости и прочностные характеристики глинистого грунта. К сожалению, до практического применения этих стабилизаторов в дорожном строительстве дело не дошло.

Все вышеназванные стабилизаторы являются многокомпонентными системами, чаще всего на основе серной кислоты, и помимо нее содержат пластификаторы, гидрофобизаторы, сульфокислоты. Положительное воздействие стабилизаторов на глинистый грунт связано с частичным разложением воды на ионы H^+ и OH^- , возникновением новообразований, обладающих вяжущими свойствами, ионным обменом, пластифицирующим и гидрофобизирующим действием. За счет разложения воды и активного ионного обмена уменьшается толщина пленки воды на поверхности грунтовых агрегатов, разрушается существующий электростатический потенциальный барьер в грунтовой системе. В результате перечисленных процессов происходит агрегирование грунта, снижается его оптимальная влажность, повышаются плотность, прочность и водостойкость, но характер структурных связей не меняется.

Проведенные в России за последние 25 лет лабораторные исследования и обследования построенных дорог позволили сделать следующие выводы:

- глинистые грунты, обработанные стабилизатором, увеличивают прочность в сухом состоянии на 20...40%;
- практически во всех случаях внесение стабилизатора в грунт снижает его оптимальную влажность на 2...3% и увеличивает плотность на 0,02...0,04 г/см³;
- капиллярное водонасыщение обработанных грунтов уменьшается в 1,3...2,5 раза по сравнению с эталоном.

Однако все обработанные стабилизатором грунты не выдерживают полного водонасыщения и разрушаются в воде за 10...60 мин. Учитывая это, обработанные стабилизаторами глинистые грунты предпочтительнее использовать в III...V дорожно-климатических зонах в качестве:

- верхнего слоя земляного полотна дорог любой категории;
- слоя основания для дорог IV...V категории;
- слоя покрытия с обязательным устройством сверху водонепроницаемого слоя на дорогах V категории, подъездах, стояночных площадках.

При этом необходимо исключить попадание в обработанный стабилизатором слой воды снизу и сверху.

Поперечный уклон покрытий целесообразно увеличить до 4...5%, обочин — до 6...7%. Работы по устройству конструктивных слоев следует проводить в сухую погоду при температуре воздуха не ниже +10 °С и заканчивать за две-три недели до наступления дождливого периода.

Обработке подлежат связные грунты с числом пластичности до 27. Содержание глинистых частиц (мельче 0,001 мм) в обрабатываемом грунте должно быть более 30% массы. Для обеспечения большей плотности смеси и улучшения зернового состава связных грунтов в них необходимо вводить песок, песчано-гравийную смесь, отходы камнедробления.

Экономическим стимулом внедрения в практику дорожного строительства стабилизаторов является их относительно невысокая стоимость, очень малый расход и простота технологии. При реализации технологии применяется рабочая концентрация раствора стабилизатора от 1 : 500 до 1 : 2000. Таким образом, одной бочки в 200 л достаточно для строительства 1 км конструктивного слоя из глинистого грунта, обработанного стабилизатором.

Особенно эффективно применение стабилизаторов при строительстве объектов, весьма удаленных от существующих автомобильных и железных дорог, когда транспортные издержки значительно повышают стоимость привозных материалов.

Технология работ с применением стабилизаторов проста и легко реализуема силами любого дорожно-строительного подразделения. При обеспеченности соответствующей техникой за смену можно строить до 1 км конструктивного слоя. Рабочий раствор готовят, разбавляя концентрированный стабилизатор водой в цистерне поливочной машины. Размельчение грунта и перемешивание его с рабочим раствором стабилизатора осуществляют дорожными фрезами, укатку — комбинированными или пневмокатками. Для возможности прохождения химических и обменных реакций между грунтом и стабилизатором конструктивный слой следует поддерживать во влажном состоянии в течение 7...14 сут.

За последние десять лет стоимость импортных стабилизаторов значительно выросла, что практически исключает получение экономического эффекта от их использования для обработки глинистых грунтов с последующим строительством дорожных оснований и покрытий. В связи с этим для повышения эффективности использования стабилизаторов глинистых грунтов необходимо искать пути снижения их стоимости. Одним из таких путей являются поиск и разработка отечественных стабилизаторов.

В настоящее время активная работа в этом направлении проводится в МАДИ. Прошел производственную проверку стабилизатор на кислотной основе «Статус», разработано еще несколько перспективных составов, а также комплексные методы обработки глинистых грунтов стабилизатором в сочетании с карбамидной смолой, обеспечивающие высокие физико-механические характеристики обрабатываемых грунтов, в том числе полную водостойкость.

15.5. Строительство оснований из минеральных материалов, не обработанных вяжущими

Конструктивные слои из не обработанных вяжущими минеральных материалов устраивают при наличии вблизи строящейся дороги месторождений горных пород или промышленных предприятий, имеющих отходы, а также из привозных материалов при экономической целесообразности.

Лучшие транспортно-эксплуатационные и расчетные показатели имеют основания и покрытия, выполненные из щебня, полученного дроблением различных горных пород. В настоящее время наибольшее распространение находят слои, устраиваемые методом заклинки и из щебеночных смесей.

Щебеночные основания и покрытия по способу заклинки строят путем россыпи нескольких фракций щебня и уплотнения каждой из них. Для основного (нижнего) слоя применяют щебень фракций 40...70 мм или 70...120 мм, для расклинки — фракции 10...20, 5...10 мм и смеси № 12 и 13 по ГОСТ 25607—2009. Минимальное количество фракций щебня при строительстве оснований — две, покрытий — три. Щебень должен отвечать требованиям ГОСТ 8267—93. Марки по прочности и морозостойкости каменных материалов должны соответствовать требованиям табл. 15.5.

Таблица 15.5

Требования к прочности и морозостойкости каменных материалов

Свойства каменных материалов	Для покрытий		Для оснований	
	категория автомобильной дороги			
	IV	V	I...III	IV, V
Марка по прочности на раздавливание в цилиндре в водонасыщенном состоянии, не ниже:				
щебня из изверженных пород	1000	800	800	600
из осадочных пород	800	600	600	300
из шлаков фосфорных, черной и цветной металлургии	800	600	600	300
щебня и гравия	800	600	600	400
Марка по истираемости	ИП	ИПП	ИПП	ИПV
Марка по морозостойкости для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца, °C:				
от 0 до −5	15	15	15	—
от −5 до −15	25	25	25	15
от −15 до −30	50	50	50	25
ниже −30	75	75	75	50

Основания, устроенные методом заклинки, обладают высоким модулем упругости, монолитностью, при увлажнении не теряют устойчивость и не вызывают образование трещин на покрытии. Устойчивость и прочность таких оснований обеспечиваются хорошим взаимным закликиванием щебенки и цементацией образующихся мелких частиц.

Однако необходимость использования щебня нескольких фракций, большого количества машин (автомобилей-самосвалов, катков) и низкая производительность отряда по строительству слоя усложняют строительство.

Основания могут устраиваться в один или два слоя. Толщина основания в плотном теле при укладке на песчаный слой должна быть не менее 15 см, при укладке на твердый слой — не менее 8 см. Максимальная толщина слоя зависит от вида уплотняющего средства, но, как правило, не превышает 30 см.

При проведении работ щебень нижнего слоя распределяют самоходным распределителем на всю ширину основания. Распределитель обеспечивает необходимую ровность укладываемого слоя, а также

предварительное его уплотнение. После распределения щебня его подготавливают к укатке. Для этого при необходимости исправляют края уложенного слоя и выравнивают сопряжения полос основания. Затем проверяют поперечный профиль по шаблону, а ровность поверхности в продольном направлении — трехметровой рейкой.

При отсутствии распределителя профилирование щебня можно производить автогрейдером, оборудованным системой «Профиль-1».

В случае укладки нижнего слоя распределителем щебень предварительно уплотняется виброплитами, поэтому исключают подкатку легкими катками, а окончательное уплотнение щебня выполняют тяжелыми катками с гладкими вальцами массой 9...12 т, комбинированными или пневмокатками массой не менее 16 т.

Укатку слоя начинают от обочин к оси дороги с перекрытием предыдущего прохода катка на $\frac{1}{3}$ ширины вальца за 10...20 проходов по одному следу. Количество проходов по одному следу устанавливают пробной укаткой. По мере смещения к оси дороги количество проходов уменьшают. Достигнув оси дороги, каток возвращают к обочине, и уплотнение повторяют в том же порядке. В начале укатки скорость движения катка должна быть 1,5...2 км/ч, в конце укатки она может быть повышена до 5...7 км/ч. Для уменьшения трения между щебенками и ускорения взаимозаклинивания щебень поливают водой в количестве 15...25 л/м².

Признаком уплотнения слоя является отсутствие подвижности щебня и следа от катка, а также раздавливание щебенки, положенной на щебеночный слой.

В тех случаях, когда щебень укладывают автогрейдером, щебеночный слой уплотняют за два периода: в первый период уплотнение ведут легкими катками массой 5...7 т за пять — семь проходов по одному следу без поливки водой. Укатку начинают со скоростью катка 1,5...2 км/ч от обочин к середине с перекрытием следа на $\frac{1}{3}$ вальца катка. Во втором периоде слой уплотняют тяжелыми катками с поливом водой аналогично укатке слоя щебня после укладки распределителем.

После уплотнения нижнего слоя поверх него с помощью самоходного распределителя, автогрейдера или навесного щебнераспределителя производят вторую россыпь щебня в количестве 10...15 м³/1000 м². Если щебень основного слоя был размером 40...70 мм, для расклинки рассыпают щебень размером 20...40 мм, при щебне размером 70...120 мм расклинивают щебнем размером 40...70 мм.

Уплотнение расклинивающего слоя ведут в той же технологической последовательности, что и при уплотнении нижнего слоя. В послед-

ней стадии укатки используют катки с металлическими вальцами массой 10...18 т и пневматические массой 16...35 т. Для ускорения укатки эффективно применение виброкатков.

Если проектом предусмотрено устройство щебеночного слоя из трех фракций, самый мелкий щебень (10...20, 5...10 мм) распределяют навесным распределителем. В процессе работы проверяют норму россыпи щебня и, если необходимо, регулируют величину щели распределителя. После распределения мелкий щебень разметают автомобильной щеткой для заполнения пустот верхнего слоя. Окончательное уплотнение слоя осуществляют тяжелыми катками за пять — десять проходов по одному следу с поливкой водой в количестве 10...12 л/м².

Признаком хорошего уплотнения слоя служит отсутствие подвижности щебня и следа от прохода тяжелого катка.

Учитывая субъективность существующих в настоящее время методов оценки качества строительства слоев из щебеночных материалов, в некоторых странах Европы (в том числе в России) разработан и прошел производственную проверку новый метод с использованием переносных малогабаритных установок динамического нагружения (УДН).

С помощью этой установки можно замерить эквивалентный динамический модуль деформации на поверхности щебеночного слоя с вовлечением, возможно, части подстилающего слоя или даже земляного полотна. Для точной оценки несущей способности щебеночного слоя была установлена корреляционная связь между динамическим модулем деформации по УДН и модулем упругости, определенным с помощью штампа или прогибомера. Используя полученные корреляционные зависимости, удалось обосновать минимально необходимые показатели динамического модуля деформации щебеночного основания для дорог I...III категории.

Строительство оснований из щебеночных и гравийных смесей

Для строительства дорожных оснований применяют смеси, имеющие минимальную пористость и проектируемые по кривым плотных смесей. Рекомендуемые зерновые составы смесей приведены в табл. 15.6.

Используемые при строительстве оснований щебеночные и гравийные материалы должны отвечать требованиям ГОСТ 25607—2009 и ГОСТ 3344—83.

Таблица 15.6

Рекомендуемые зерновые составы смесей

Номер смеси	Максимальный размер зерен, мм	Содержание частиц, %			
		крупнее, мм		мельче, мм	
		5	2,5	0,16	0,05
Смеси для покрытий (ГОСТ 25607—2009)					
C ₁	40	45...70	55...80	8...25	7...20
C ₂	20	25...50	35...65	10...35	8...25
Смеси для оснований (ГОСТ 25607—2009)					
C ₃	120 (70)	65...85	75...90	0...5	0...5
C ₄	80 (70)	65...85	75...90	0...5	0...5
C ₅	80 (70)	40...75	50...85	5...10	0...5
C ₆	40	70...85	75...85	3...7	0...5
C ₇	20	60...85	70...95	3...10	3...8
C ₈	20	40...60	55...70	5...10	0...4
Смесь из неактивных и слабоактивных шлаков (ГОСТ 3344—83)					
C ₁	70	65...85	—	5...10	—
C ₂	70	40...75	—	5...10	—
C ₄	40	70...85	—	5...10	—
C ₆	20	40...60	—	5...10	—

В гравийный материал марки Др 12 и выше рекомендуется добавлять щебень в количестве не менее 25% по массе для лучшей его уплотняемости и повышения несущей способности слоя.

При устройстве оснований дорог I—III категории содержание в щебне зерен пластинчатой и игольчатой формы не должно превышать 35% по массе. Для исключения подвижности слоя и увеличения его объема при насыщении водой содержание пылевато-глинистых частиц в минеральном материале ограничивается 5%.

Готовить смесь можно на смесительной установке и непосредственно на дороге. Лучшие показатели слоя основания обеспечиваются при смешении компонентов смеси в установке. В этом случае смесь легко оптимизировать путем дозирования и введения в мешалку недостающих фракций минеральных материалов и обеспечить ее оптимальное увлажнение.

Для получения подобранного состава смеси на дороге на нижележащий слой основания вывозят и распределяют ровным слоем с помощью автогрейдера необходимое количество более крупного материала, затем к нему добавляют последовательно более мелкие материалы.

Спланированные материалы поливают водой для обеспечения оптимальной влажности, перемешивают автогрейдером до образования однородной смеси, распределяют по ширине слоем одинаковой толщины и уплотняют.

В случае приготовления смеси в смесительной установке распределение ее целесообразно производить самоходным распределителем.

Уложенный слой смеси уплотняют комбинированными, пневмошинными или катками с металлическими вальцами от краев к середине. Скорость движения катков в начале укатки — 1,5...2 км/ч с доведением к концу уплотнения скорости до 5 км/ч. Для уплотнения применяют катки с постепенно увеличивающейся массой и удельным давлением. Для уплотнения щебня и гравия из прочных пород сначала используют 6-тонные катки, затем 10...12- и при окончании укатки — 10...18-тонные. При уплотнении минерального материала из пород малой прочности сначала применяют катки 3...5-, а затем 6...10-тонные.

Уплотняют слой до максимальной плотности материала, определяемой прибором КП 120 или «методом лунки».

15.6. Строительство щебеночных оснований методом пропитки (вдавливания) пескоцементной смесью

Этот тип основания является жестким и применяется, как правило, при строительстве дорожных одежд дорог высоких категорий. Основание обладает повышенной по сравнению со щебеночным основанием несущей способностью, позволяющей значительно снизить толщину дорожной одежды, а также использовать менее прочные каменные материалы. Повышенная несущая способность в раннем возрасте по сравнению с пескоцементным основанием из-за каркасности материала обеспечивает возможность проезда построенного транспорта без деформации конструкции и позволяет на 10...20% уменьшить расход цемента.

Основание можно строить стадийным методом (вывозка щебня зимой) и использовать для приготовления цементопесчаной смеси дешевые смесительные установки или полностью отказаться от них при обработке щебеночного слоя вяжущим без песка (активная зола-уноса, гранулированный шлак).

Недостатками таких оснований являются высокая жесткость и большое количество температурно-усадочных трещин, недостаточная морозостойкость и необходимость ухода за слоем. При использовании такого основания в дорожной конструкции с покрытием из органоминеральной смеси необходимо предусмотреть меры, исключающие появление отраженных трещин в слое покрытия.

Несущая способность основания зависит от глубины пропитки щебеночного слоя, марки применяемого пескоцемента и свойств щебня. При увеличении глубины пропитки слоя и марки пескоцемента модуль упругости увеличивается. В случае сохранения постоянной общей толщины слоя при увеличении глубины пропитки от 0,25 до 0,75 толщины слоя требуемая прочность пескоцемента может быть уменьшена с 10 до 4 МПа, а расход цемента — с 18 до 10% по массе пескоцементной смеси.

Для устройства слоя основания целесообразно использовать известняковый щебень фракции 40...70 и 70...120 мм. Такой щебень имеет более широкое распространение и меньшую стоимость. При строительстве оснований на дорогах I и II категории минимальная марка щебня по прочности — 600, на дорогах III категории — 400 и V — 200.

В зависимости от климатических условий и категории дороги к щебню предъявляются различные требования по морозостойкости: максимальная — МРЗ 50, минимальная — МРЗ 15.

Для получения требуемого модуля упругости верхней части слоя в щебень вводят пескоцемент марки от 4 до 10 МПа при расходе цемента 10...18% массы смеси. В целях повышения пластичности и проникающей способности смеси в нее целесообразно вводить ПАВ (ЛСТ, ЩСПК) в количестве 0,5...2,0% массы цемента. Вместо цемента может быть использовано шлаковое вяжущее на основе шлаков черной металлургии или зольное вяжущее на основе зол-уноса ТЭЦ. В этом случае отпадает необходимость в смесительных установках. Расход пескоцемента зависит от глубины пропитки и пустотности щебня. При изменении глубины пропитки от 5 до 15 см расход пескоцемента увеличивается с 2,5 до 9,0 м³ на 100 м² поверхности основания.

Пескоцементную смесь вводят в щебеночный слой под воздействием вибрации или давления. При этом ее влажность должна быть на 20...40% больше оптимальной в первом случае и на ту же величину меньше — во втором.

Щебень укладывают и планируют распределителем или автогрейдером, увлажняют водой из расчета 3...10 л/м² и прикатывают легким катком за один-два прохода по одному следу. Приготовленную в уста-

новке пескоцементную смесь распределяют по поверхности щебня укладчиком или автогрейдером. Пропитку щебеночного слоя на глубину до 5 см осуществляют двумя-тремя проходами катка на пневматических шинах, на глубину до 7 см — профилировщиком с вибробрусом. При использовании метода вибрации для пропитки на глубину до 10 см применяют вибрационный каток (один-два прохода по одному следу). Окончательное уплотнение основания после пропитки щебеночного слоя пескоцементной смесью осуществляют катками на пневматических шинах за 12...16 проходов по одному следу.

Для пропитки смесью на глубину более 10 см (11...17 см) следует применять кулачковый каток. Число проходов кулачкового катка по одному следу зависит от требуемой толщины пропитки щебеночного слоя и ориентировочно составляет 5...15.

После окончательного уплотнения за построенным основанием осуществляют уход путем розлива битумной эмульсии с расходом 0,6...0,8 л/м² или россыпи песка слоем 4...6 см.

15.7. Применение местных материалов и отходов промышленности для строительства оснований

В конструкции дорожной одежды слой (слои) основания имеет наибольшую толщину, и поэтому его строительство сопряжено с большим расходом строительных материалов. В то же время слои оснований работают в более благоприятных условиях при сравнении с покрытиями, что позволяет широко использовать для их строительства местные материалы и отходы промышленности. Целесообразность их использования обосновывают технико-экономическими расчетами с учетом возможного уменьшения срока службы дорожной одежды в результате отказа от применения стандартных привозных материалов.

Помимо технико-экономической целесообразности применение при строительстве дорог отходов промышленности и вторичных ресурсов помогает решать экологические проблемы региона, высвобождая занимаемые отходами значительные территории, в том числе сельскохозяйственные земли.

Многообразие технических и технологических решений, характерных для дорожной отрасли, позволяет использовать при строительстве, ремонте и эксплуатации дорог практически все отходы промыш-

ленности. Исключение составляют отходы, имеющие повышенное содержание канцерогенов и радионуклидов.

Характерной особенностью этих материалов является неоднородность, что проявляется в нестабильности физико-механических и химических свойств. Указанные свойства меняются в очень широком диапазоне в зависимости от типа применяемого сырья, технологии работ, условий хранения отходов. В связи с этим возможность использования конкретного вида отходов или вторичного продукта необходимо выявлять путем проведения лабораторных исследований и обследования построенных с их применением опытных участков.

Среди местных материалов для строительства дорожных оснований наибольшее распространение получили грунты, гравийные и щебеночные смеси, малопрочные каменные материалы. Возможные варианты применения грунтов, гравийных и щебеночных смесей при строительстве дорожных оснований уже рассмотрены в настоящей главе.

Малопрочные каменные материалы, относясь в большинстве к поздним геологическим формациям, широко распространены и легкодоступны, поскольку их месторождения поддаются разработке без буровзрывных работ и больших капиталовложений. Из этих материалов наиболее часто применяют малопрочные известняки. В европейской части России известняки очень распространены и встречаются в отложениях почти всех геологических возрастов.

Известняки как осадочная карбонатная порода, в основном образованная отложениями остатков организмов на дне древних морей, очень неоднородны. Разнопрочность известняков характерна для большинства месторождений. В связи с этим в целях придания слою основания из малопрочного известняка необходимых физико-механических свойств ограничивают максимальную величину щебенки (до 15... 30 мм), а также вводят в щебеночные смеси различные добавки.

Слои оснований из не обработанного вяжущими щебня устраивают методом заклинки и из оптимальных по гранулометрическому составу смесей. Под воздействием движения автомобилей и погодноклиматических факторов в щебеночном слое происходят измельчение и уплотнение каменного материала, приводящие к уменьшению контактных усилий до тех пор, пока эти усилия не уменьшатся до предела, соответствующего прочности материала, и не будут вызывать остаточных деформаций.

Признаком прекращения остаточных деформаций и достижения устойчивого равновесия сил является стабилизация гранулометрического состава каменного материала в слое. Увеличению несущей

способности слоя способствуют также реакции карбонизации, проходящие во времени в местах контактов щебенки в присутствии воды и углекислого газа.

Значительно улучшить физико-механические и расчетные характеристики слоев из малопрочного щебня можно за счет обработки его органическими и минеральными вяжущими. В практике дорожного строительства из органических вяжущих чаще всего используют жидкие (разжиженные) битумы и эмульсии, а из минеральных — цемент, известь, активные золы-уноса. При подборе составов смесей оптимальной дозировкой органической добавки является та, которая обеспечивает материалу требуемые прочностные характеристики и водонасыщение. В случае обработки смесей минеральными вяжущими их расход должен обеспечивать слою необходимые прочность, морозостойкость и трещиностойкость. Производственный опыт показывает, что внесение в щебеночную смесь цемента менее 5% массы смеси практически исключает появление в слое температурно-усадочных трещин.

Номенклатура отходов промышленности чрезвычайно велика и разнообразна. В зависимости от специализации производства различают металлургические шлаки и отходы металлургического и литейного производства, топливные шлаки и золы-уноса, отходы горнорудной промышленности, побочные продукты коксохимических предприятий, нефтегазовой промышленности, различных предприятий химической и деревообрабатывающей промышленности, отходы строительства.

Одними из наиболее широко известных видов отходов, которые внедрены в дорожное строительство, являются шлаки черной, цветной металлургии и фосфорного производства. Их утилизация является важным источником получения высококачественных материалов для дорожного строительства.

По основным характеристикам (химическому и минералогическому составу, морозостойкости) шлаки представляют собой ценное сырье для приготовления нерудных материалов и минеральных вяжущих. Активные шлаки частично заменяют традиционные вяжущие (цемент, известь) при строительстве дорожных оснований и покрытий. Многолетний опыт дорожных организаций показывает, что себестоимость шлаковых дорожно-строительных материалов в 2 раза ниже себестоимости аналогичной продукции из естественных горных пород.

У шлаков сложный химический состав. В составе шлаковых минералов содержится более 30 химических элементов. Важным факто-

ром, определяющим свойства шлака, является структура. Она зависит от химического состава шлака и режима его охлаждения. Шлаки должны иметь устойчивую структуру. Распад, свойственный шлакам, является основным качественным показателем, по которому определяют пригодность шлаков для дорожного строительства. Высокоосновные доменные и сталеплавильные шлаки подвержены различным видам распада. В отличие от основных кислые шлаки устойчивы к атмосферным воздействиям.

В наибольшей степени при строительстве дорожных оснований используют шлаки черной металлургии, особенно доменные. Более 50% доменных шлаков перерабатывают в гранулированные. Щебень и песок получают дроблением и грохочением шлака, разработанного в отвалах по аналогии с переработкой естественных горных пород.

Гранулированный шлак, получаемый путем быстрого охлаждения жидкого шлака, находит широкое применение как сырье для производства гидравлических вяжущих. Он может использоваться как самостоятельное медленноотвердевающее вяжущее при устройстве оснований из укрепленных грунтов и каменных материалов. Для ускорения схватывания и улучшения физико-механических показателей укрепленных материалов в смесь вводят гипс, цемент или известь.

Большое количество тепловых электростанций, работающих на угле, бесперебойно обеспечивают дорожную отрасль такими продуктами отхода, как сухая зола-уноса, шлак и золошлаковые смеси. Шлак и золошлаковые смеси в естественном состоянии и укрепленном виде широко применяют для строительства оснований и теплоизолирующих слоев. Золо-уноса сухого отбора, обладающие гидравлическими свойствами, используют в качестве вяжущего при обработке грунтов и каменных материалов.

В регионах, занимающихся добычей каменного и бурого угля, скапливаются громадные объемы отвальных шахтных пород и отходов углеобогащения. Эти отходы, находящиеся в терриконниках, занимают значительные площади, исключая их из хозяйственной деятельности.

Отвальные породы и отходы углеобогащения представляют собой специфическую разновидность неоднородного по составу и свойствам техногенного крупнообломочного грунта с различным содержанием угля, обожженных частиц, мелкозема, минеральных частиц различного гранулометрического состава.

Зачастую наличие в отходах большого количества глинистых и пылеватых частиц и кислая среда ($\text{pH} = 3...6$) не позволяют использовать

их для строительства оснований в естественном состоянии. В укрепленном виде (с использованием минеральных, органических вяжущих или комплексных методов) несложно обеспечить отходам необходимые свойства для использования в качестве дорожного основания. При обработке отходов минеральными вяжущими в целях создания благоприятных условий для структурообразования и нейтрализации кислой среды в смесь вводят известь или аммиачную воду.

Среди многочисленных отходов нефтедобычи, нефтепереработки и коксогазового производства при строительстве и ремонте дорог наибольшее распространение получили нефтяные шламы и каменноугольные фусы. Масштабы образования нефтешлама достаточно велики: ежегодно в стране накапливается 600 тыс. т этих отходов, а общие запасы превышают 4 млн т. Основная масса отходов сбрасывается в пруды-накопители. Поскольку в состав шлама наряду с нефтью входят минеральные материалы и вода, при хранении в прудах он расслаивается, что создает значительные трудности при его использовании. В последние годы проблему однородности нефтяных шламов удалось решить путем применения специальных установок, позволяющих отделить минеральные частицы и воду и перемешать шлам в пределах каждого подготовленного к утилизации пруда.

Используют шламы в основном при комплексном укреплении грунтов и слабopочных каменных материалов для улучшения деформативных характеристик, повышения водо- и морозостойкости укрепляемых материалов.

Каменноугольные фусы образуются в процессе отстаивания каменноугольной смолы в отстойниках и содержат 50...80% смолы, угольную и коксовую пыль, механические примеси. При проведении работ их применяют в качестве органической добавки при комплексной обработке минеральных материалов и грунтов.

Сама дорожная отрасль также является поставщиком отходов, используемых вторично при проведении строительных работ. Наиболее часто применяют материалы, полученные при разборке и ремонте дорожных одежд эксплуатируемых дорог. Бетонные покрытия и основания после дробления и грохочения превращают в щебень и песок. Сфрезерованные при проведении ремонтных работ старые асфальтобетонные покрытия в виде асфальтогранулята используют при изготовлении новых асфальтобетонных смесей, а также для строительства оснований путем обработки его различными вяжущими в процессе фрезерования покрытия мобильными фрезами-ресайклерами.

ГЛАВА 16. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПОКРЫТИЯМИ ПРОСТЕЙШИХ ТИПОВ

16.1. Назначение покрытий простейшего типа

К покрытиям простейших или низших типов принято относить покрытия, построенные из скального или крупнообломочного грунта; из грунтов, укрепленных или улучшенных различными скелетными добавками (щебнем, гравием, шлаком, горелыми породами и другими местными материалами); из местных каменных материалов и грунтов, укрепленных местными малоактивными веществами (гранулированным доменным шлаком, золами-уноса, фосфогипсом, бокситовыми шламами); покрытия с применением дерева (лежневые, бревенчатые сплошные и колеиные).

Такие покрытия применяют на дорогах общего пользования, карьерных, лесовозных и сельскохозяйственного назначения при низкой интенсивности движения, а также на дорогах, используемых в течение ограниченного периода времени.

Покрытия простейшего типа применяют на временных автомобильных дорогах, проезд по которым необходим в течение ограниченного периода (от нескольких недель до двух-трех лет), при этом интенсивность движения в отдельные периоды может составлять несколько сотен автомобилей в сутки. К этой группе относят лесозаготовительные и карьерные дороги, а также дороги, сооружаемые на период строительства различных объектов промышленности, транспорта, энергетики, жилищного и культурно-бытового значения, патрульные дороги, дороги для обслуживания нефтепромыслов, газо- и нефтепроводов, линий электропередачи и связи.

Ввиду небольшой интенсивности движения или ограниченного периода их существования покрытиями таких дорог в большинстве случаев являются местные уплотненные грунты и грунты, улучшенные добавками привозного грунта или местных материалов.

В отдельных неосвоенных, богатых лесом районах в некоторых случаях эффективными могут оказаться покрытия с применением дерева (лежневые, бревенчатые сплошные и колеиные).

Покрытия простейшего типа не создают нормальных условий движения транспортных средств, приводят к снижению скорости движения, вызывают увеличение себестоимости перевозок, не обеспечивают сохранности перевозимых грузов; обладают низкими эксплуатационными качествами — на них быстро образуются колеи, много пыли в сухое время года, существенно ухудшаются условия проезда в дождливые периоды. Они требуют больших затрат на ремонт и содержание.

16.2. Местные грунты как материал для покрытий простейшего типа

Низкая стоимость автомобильных дорог с покрытиями простейшего типа достигается в результате применения местного грунта в качестве основного материала для строительства покрытий. Для обширной территории России характерным является большое разнообразие грунтовых и природно-климатических условий, поэтому иногда для обеспечения проезда автомобилей достаточно выровнять поверхность грунтового основания. Это относится к таким редким в практике дорожного строительства грунтам, как скальные, крупнообломочные и гравийные.

Значительно чаще встречаются глинистые грунты. По экспертным оценкам, более 80% протяженности автомобильных дорог проходит в грунтах, содержащих в различных количествах пылеватые и глинистые частицы, иногда с небольшим содержанием песчаных зерен. Преобладают пылеватые суглинки, которые даже при небольшом увлажнении теряют прочность, что приводит к появлению «мокрой распутицы». Наряду с этим в жаркий период грунтовыми дорогам присуща «сухая распутица» — образование на их поверхности слоя пыли до 5 см.

Прочность несвязных, песчаных грунтов в меньшей степени зависит от влажности, однако проезд автомобилей по ним затруднен вследствие образования под колесом колеи и большого сопротивления движению. Установлено, что чем однороднее песок по зерновому составу, чем меньше в песке пылеватых и глинистых частиц, тем интенсивнее происходит образование колеи. В связи с этим использование большинства наиболее распространенных грунтов в качестве материала для строительства покрытия связано с улучшением их свойств. Одним

из наиболее простых способов повышения прочности грунтов является уплотнение. Плотный связный грунт значительно меньше подвержен вредному воздействию воды, медленнее впитывает ее и не допускает в нижние слои грунта, имеющие меньшую плотность. Уплотненный грунт длительное время сохраняет плотность, если принимать меры по предохранению его от переувлажнения в период промерзания. Эффект разуплотнения представляет наибольшую опасность, если промерзание грунта происходит при высокой влажности.

Увлажнения грунтового слоя можно избежать, предусматривая водонепроницаемые слои в основании и на поверхности уплотненного грунта. Таким образом, слой уплотненного грунта находится между двумя водонепроницаемыми слоями, поэтому такая конструкция носит название «грунт в обойме». Водонепроницаемые слои можно делать из необработанных уплотненных тяжелых глинистых или других грунтов, обработанных органическими вяжущими. Большая трудоемкость и малая надежность таких конструкций сдерживают их распространение, поэтому они не получили широкого применения.

Более простым и распространенным способом повышения прочности грунтов является улучшение их свойств минеральными добавками.

16.3. Профилированные грунтовые дороги

Профилированные грунтовые дороги применяют для временного проезда или в тех случаях, когда основной объем перевозок совпадает с сухим периодом.

Грунты, близкие по составу к оптимальным, можно использовать для строительства профилированных грунтовых дорог. Эти дороги представляют собой несколько приподнятую проезжую часть из местного грунта с лотками треугольного или трапециoidalного сечения. Размеры лотков устанавливают исходя из потребности в грунте, т.е. в зависимости от ширины и возвышения бровки земляного полотна. Для быстрого стока воды поперечный уклон проезжей части принимают 20...30‰, увеличивая уклон до 30...50‰ в пределах обочин.

При строительстве профилированных дорог принято выделять следующие технологические операции: подготовительные работы (разбивка или восстановление трассы, очистка дорожной полосы от леса, кустарника и крупных камней); рыхление грунта на отдельных участках в целях повышения производительности работы машин при раз-

работке; сосредоточенные земляные работы у малых искусственных сооружений, на пересечениях оврагов, резких переломах продольного профиля; профилирование дорожного полотна (разработка грунта в боковых канавах и резервах, перемещение его в насыпь, разравнивание насыпи); уплотнение грунта.

Большая часть операций рассмотрена в разделе 1 «Возведение земляного полотна».

Основную операцию — профилирование грунта — можно выполнять автогрейдером, прицепным грейдером или бульдозером с поворотным отвалом. Технология профилирования подробно рассмотрена при описании возведения насыпей автогрейдером.

Поддержание профилированных грунтовых дорог в проезжем состоянии требует регулярного их профилирования. Объем этих работ тем больше, чем интенсивнее движение, чаще и продолжительнее дождливые периоды.

Некоторое улучшение свойств местного грунта может быть достигнуто в результате создания оптимальных грунтовых смесей, обладающих наименьшей пористостью и наибольшей прочностью.

Пустоты между песчаными зернами в оптимальных смесях заполнены более мелкими пылеватыми частицами. Глинистые частицы в небольших количествах обеспечивают сцепление всей массы грунта в целом. Оптимальные грунтовые смеси по своему составу приближаются к природным супесям. Прочность слоя улучшенного грунта оценивают модулем упругости. Наиболее высокие значения модуля упругости имеют плотные, с подобранным составом песчано-глинистые смеси.

При сравнительно мелких исходных материалах получают песчано-глинистые смеси, а по мере укрупнения частиц и увеличения их количества — гравийные или щебеночные смеси с размером зерен до 80 мм, которые называют крупноскелетными (грунтощебень), до 20...25 мм — среднезернистыми, до 5...10 мм — мелкозернистыми (песчано-глинистые). Оптимальные искусственные грунтовые смеси получают путем смешивания нескольких разновидностей грунтов. При составлении песчано-глинистых смесей обычно добавляют песчаный или гравелистый материал к тяжелосуглинистым, пылеватым и глинистым грунтам; к исходным песчаным грунтам добавляют суглинистый грунт.

Основное требование, которому должна отвечать оптимальная смесь, — постоянство сопротивления действию колес транспортных средств. В связи с этим при расчете состава следует учитывать не только гранулометрический состав исходных грунтов, но и местные природные условия. Например, в засушливых районах, где запыленность

грунтовых дорог является наибольшим препятствием для движения, повышают содержание глинистых частиц, обеспечивающих связность грунта.

В районах избыточного увлажнения необходимо увеличивать содержание песчаных и гравийных частиц для обеспечения устойчивости скелета грунта.

Гранулометрический состав грунта, состоящего из песчаных, пылеватых и глинистых частиц, можно представить в треугольных координатах. Этот метод основан на известном свойстве равностороннего треугольника: если из какой-либо точки внутри такого треугольника опустить перпендикуляры на его стороны, то сумма этих отрезков всегда равна высоте треугольника; если разделить высоты на 100 равных частей и из этих точек провести линии, перпендикулярные высотам, то стороны треугольника также разделятся на 100 равных частей. Каждая из сторон треугольника будет служить шкалой и характеризовать процентное содержание песчаных, пылеватых или глинистых частиц (рис. 16.1).

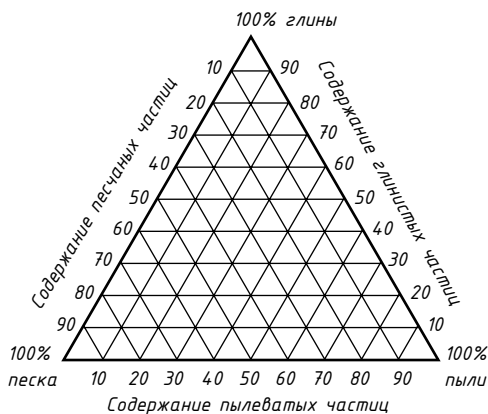


Рис. 16.1. Изображение гранулометрического состава грунта в треугольных координатах

Это свойство равностороннего треугольника позволяет изобразить гранулометрический состав грунта точкой внутри треугольника.

Ориентировочно в оптимальной смеси должно быть 7...14% глинистых, 15...35% пылеватых и не менее 55% песчаных частиц.

В зависимости от толщины покрытие может быть серповидного или полукорытного профиля. При толщине до 15 см применяют серповидный профиль, при большей толщине целесообразнее придавать

покрытию полукорытный профиль, чтобы уменьшить количество материала на укрепление обочин.

Технологический процесс строительства покрытия из грунта подобранный состав включает следующие технологические операции: прифилирование поверхности земляного полотна с приданием поперечного уклона 30...40‰; разрыхление грунта на необходимую глубину (устанавливают исходя из потребности в грунте данного типа); доставку добавляемого грунта и его разгрузку; распределение добавляемого грунта по земляному полотну (рис. 16.2), перемешивание составляющих грунта; профилирование покрытия автогрейдером; уплотнение пневмоколесными или кулачковыми катками.

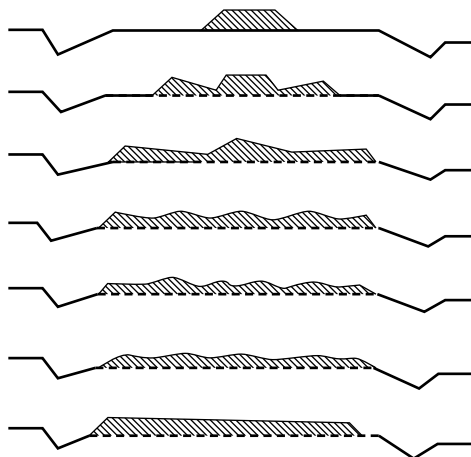


Рис. 16.2. Укрепление грунтового покрытия минеральными материалами

Устанавливая источники привозного грунта, необходимо рассмотреть варианты карьеров и выбрать оптимальный по минимуму приведенных затрат.

Выбрав карьеры, устанавливают границы зон снабжения привозным грунтом отдельных участков дороги.

Основные технологические операции по строительству покрытий из грунтов улучшенного состава следует выполнять при влажности, близкой к оптимальной. При более низких значениях влажности предусматривают увлажнение. Сложнее устранить переувлажненное состояние грунта, так как высушивание под действием атмосферного тепла не всегда эффективно, а применение таких добавок, как известь, чрезмерно дорого.

16.4. Строительство простейших покрытий из грунтов, улучшенных местными материалами

Для улучшения физико-механических свойств грунта применяют местные материалы или отходы промышленности. Добавление таких материалов, иногда называемых скелетными, экономически оправданно, когда их стоимость достаточно низкая, а источники расположены вблизи строящейся дороги.

Для улучшения грунтов можно применять щебень из любых малопрочных горных пород (известняка, доломита, мергеля, песчаника, ракушечника), из отходов промышленности (металлургических и топочных шлаков, отходов асбестовой промышленности, камнедробильных заводов и карьеров) и гравий.

Толщину слоев дорожной одежды при улучшении добавками скелетных материалов назначают в пределах 15...30 см в зависимости от свойств улучшаемого грунта и дорожно-климатической зоны района строительства.

Устанавливая состав смеси, исходят из того, что зерна минерального материала служат как бы скелетом, воспринимающим главную часть внешних воздействий в наиболее неблагоприятный период переувлажнения дорожной одежды и земляного полотна. Более мелкие частицы грунта заполняют промежутки между скелетными зернами. Устанавливая соотношения разных по крупности частиц и зерен, следует учитывать климатические условия местности и распределение движения по дороге в течение года. При этом значительное влияние оказывают также химический и минералогический составы и степень дисперсности глинисто-коллоидных составляющих. Вяжущие свойства их в зависимости от физико-химического состояния могут быть весьма различны.

Технология строительства покрытий из грунтов, улучшенных скелетными добавками, зависит от типа поперечного профиля. При серповидном профиле операции выполняют в такой последовательности: прифилирование полотна на всю ширину с созданием уклона 10...20% автогрейдером за три-четыре прохода; рыхление грунта на необходимую глубину рыхлителем, вывозка добавляемого материала и его разгрузка на обочине или по оси дороги; распределение добавляемого материала по ширине покрытия автогрейдером; перемешивание добавок с грунтом земляного полотна вначале за три-четыре прохода бороной,

затем автогрейдером, последовательно собирающим грунты в валики и разравнивающим их; выравнивание поверхности улучшенного покрытия автогрейдером; уплотнение покрытия за три-четыре прохода катка по одному следу или посредством систематического регулирования движения в течение двух-трех недель после завершения строительства.

При корытном и полукорытном профилях скелетный материал вывозят в заранее подготовленное корыто. Предварительно вынутый грунт перемещают на обочины. В зависимости от глубины корыта и типа автогрейдера делают до 15 проходов. Дальнейшие операции выполняют в такой же последовательности, как и при серповидном профиле.

Связные грунты улучшают путем постепенной россыпи добавок. В этом случае необходимы следующие операции: профилирование полотна автогрейдером на всю ширину с приданием уклона 20...30‰ за три-четыре прохода по одному следу; уплотнение грунта катками; доставка скелетных добавок и разгрузка их по оси дороги; распределение добавок по всей ширине или по ширине проезжей части автомобильной дороги слоем 3...8 см, увлажнение и уплотнение катками.

16.5. Строительство деревянных сплошных и колейных покрытий (лежневых, бревенчатых)

Для обеспечения временного проезда в условиях залесенной и болотистой местности эффективны покрытия с применением дерева. В зависимости от конструкции и вида применяемых материалов различают покрытия сплошные и колейные. Для сплошных покрытий применяют выстилки из хвороста и фашин, настилы из жердей, накатника или бревен. Ширина проезжей части таких дорог изменяется от 4,5 м для одностороннего движения до 7 м для двустороннего.

Покрытия колейного типа делают из бревен, брусьев или из заранее заготовленных укрупненных элементов (дощатых щитов, лежней, колесоотбоев). Размер колеи зависит от параметров наиболее тяжелых автомобилей. Недостатками перечисленных покрытий являются большая трудоемкость, значительный объем тяжелых ручных работ, малый срок службы при движении автомобилей большой грузоподъемности, разрушение вследствие гниения древесины.

Для постройки сплошных поперечных настилов применяют материалы любых местных пород, для колейных — желательны хвойные породы. Сплошные покрытия имеют проезжую часть, обеспечивающую движение транспортных средств по всей ширине.

Бревенчатые настилы делают из бревен диаметром 14...18 см. Конструкция настилов состоит из продольных лежней и поперечного или косого настила с уложенными по его краям колесоотбоями (рис. 16.3).

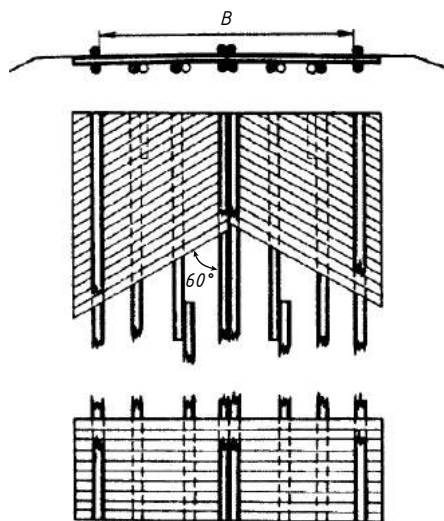


Рис. 16.3. Конструкция покрытия со сплошным бревенчатым настилом (косым и прямым)

Расстояние между продольными лежнями составляет 0,75...1 м и зависит от толщины элементов настила и качества грунта. Чем больше диаметр элементов настила и плотнее грунты основания, тем больше может быть расстояние между лежнями. Бревна настила отесывают с трех сторон и подтесывают над лежнями для получения плотного и ровного настила. Прижим уложенного настила обеспечивают установкой колесоотбоев и скреплением их с лежнями проволокой, скобами, деревянными нагелями.

Для устранения бокового угона элементов настила создают боковые упоры. Настил для двустороннего движения устраивают со сплошной проезжей частью или в виде двух отдельных полос. Недостаток поперечных настилов состоит в том, что они вызывают большие попе-

речные колебания автомобилей даже при малых скоростях движения. Более удобны в этом отношении настилы с косым (диагональным) расположением элементов проезжей части. Бревна настила укладывают под углом $60...75^\circ$ к оси дороги. Конструкция таких настилов во всем остальном не отличается от настилов с прямым расположением элементов.

Колейными называют покрытия, имеющие проезжую часть в виде двух отдельных колеи (колесопроводов), собранных из бревен, брусьев или пластин и уложенных параллельно оси дороги. Этот вид покрытий характерен следующими преимуществами: имеет меньшие трудоемкость и эксплуатационные расходы на перевозки; допускает большую скорость движения (до $20...30$ км/ч), чем настилы других типов; допускает стандартизацию всех элементов покрытия и заблаговременную их заготовку; позволяет собирать покрытия из заранее заготовленных стандартных элементов.

Колейные покрытия бывают стационарного и сборного типа. К сборным относят покрытия, собираемые из укрупненных элементов. Колейное покрытие стационарного типа состоит из шпал диаметром 20 см, укладываемых поперек двух колесопроводов из бревен диаметром $18...20$ см и колесоотбоев диаметром 22 см и более.

Существуют различные способы крепления колесопроводов — фризное, шпонками, накладками, с вырубкой шпалы «ласточкин хвостом». При креплении шпонками на шпалах делают углубления по ширине колесопроводов, собранных из отдельных бревен при помощи шпонок или ранее заготовленных бревенчатых щитов. Шпонка представляет собой деревянную планку, имеющую трапецеидальную форму в поперечном сечении и слабую конусность по длине. Гнезда для шпонок нарезают в колесопроводах после сборки и укладки на шпалы всех элементов колесопровода, за исключением колесоотбоев. Длина шпонки на $10...15$ см больше ширины колесопровода, чтобы при усыхании колесопровода ее можно было подбить и тем самым обеспечить плотное сплочение всех элементов в один щит. Шпонки ставят над шпалами через одну, а над промежуточными шпалами размещают стыки элементов колесопроводов. Стыки устанавливают впритык, вразбежку так, чтобы на каждую шпалу приходилось не более двух стыков. Фиксирование положения колесопроводов достигают устройством в шпалах специальных запилов и скреплением при помощи деревянных нагелей.

Колейное покрытие с вырубкой шпал «ласточкин хвостом» (рис. 16.4) состоит из шпал колесопроводов. Крепление колесопрово-

дов осуществляется за счет выреза в шпале в форме трапеции и устройства крайних элементов колесопроводов соответствующей формы. Сборку колесопроводов производят в следующем порядке: в косые вырезы шпалы сначала укладывают крайние подтесанные элементы колесопроводов, затем остальные; средний элемент колесопровода укладывают последним, так как он служит замком, расклинивающим остальные элементы колесопровода в вырезе шпалы. Скрепление расклинивающего элемента производят нагелями. При этом типе скрепления колесопроводов обеспечивается наибольшая простота конструкции всего покрытия с наименьшим количеством основных элементов.

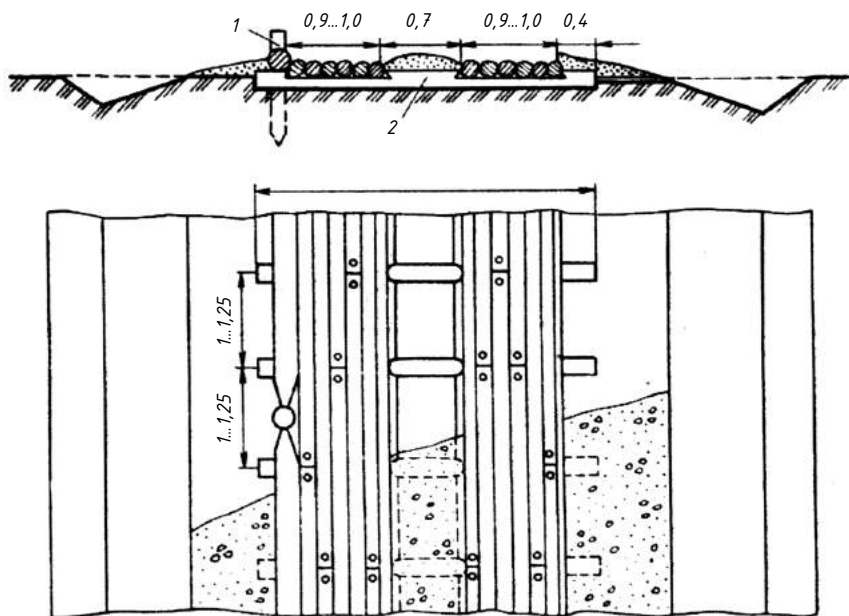


Рис. 16.4. Конструкция колеяного покрытия с вырубкой шпал «ласточкин хвост»:

1 — свайка-колесоотбой; 2 — шпала с вырубкой «ласточкин хвост»

Колейные покрытия из щитов собирают из заблаговременно заготовленных и подвезенных к месту укладки отдельных щитов. Они менее прочны, чем бревенчатые конструкции. Щиты делают из трех или четырех досок толщиной 70 мм, сплоченных при помощи деревянных планок и гвоздей. Ширина щитов из трех досок равна 60 см,

а из четырех — 80 см, длину щитов назначают равной 3 м для удобства транспортирования и укладки.

На сильно заболоченных грунтах и болотах щиты укладывают на общие для обоих колесопроводов лежни из бревен или пластин.

Гибкие колеиные покрытия изготавливают заранее и подвозят к месту строительства в свернутом виде в рулонах. Гибкие покрытия делают из отрезков жердей, досок или брусков длиной 0,8 м. Соединение осуществляют прикреплением их к двум тросам с помощью специальных скоб. Длина коврика обычно составляет 3...4 м.

ГЛАВА 17. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПЕРЕХОДНОГО ТИПА

17.1. Особенности работ при строительстве дорожных одежд переходного типа

К покрытиям переходного типа относят щебеночные, гравийные, булыжные мостовые, а также покрытия из грунтов и малопрочных минеральных материалов, обработанных вяжущими. Устраивают их в основном на дорогах IV и V технических категории.

Покрытия названы переходными потому, что по мере роста интенсивности движения при реконструкции или капитальном ремонте дороги они служат основанием для покрытий капитальных типов. Для возможности перевода дороги с переходным типом покрытия через несколько лет эксплуатации в более высокую техническую категорию при разработке проекта необходимо запроектировать земляное полотно с соответствующими геометрическими параметрами.

Для дорожных одежд с покрытиями переходного типа земляное полотно желательно отсыпать за год до строительства дорожной одежды, чтобы оно доуплотнялось под воздействием проезжающих автомобилей и атмосферных осадков. Земляное полотно устраивают чаще всего корытного или полукорытного профиля.

При устройстве корытного профиля земляное полотно отсыпают до уровня, соответствующего низу дорожной одежды, а затем отсыпают обочины из привозного грунта или надвигаемого бульдозером из придорожных резервов. В этом случае земляное полотно будет с присыпными обочинами. Грунт отсыпают и уплотняют послойно, чтобы образовать корыто требуемой глубины для размещения дорожной одежды (рис. 17.1)

Чтобы избежать переувлажнения земляного полотна водой, скапливающейся в корыте, обочины необходимо присыпать непосредственно перед строительством дорожной одежды. Для возможности удаления воды из корыта в обочинах делают поперечные прорезы. После завершения строительных работ прорезы, заполняемые щебнем, ПГС или крупнозернистым песком, способствуют фильтрации воды из дорожной одежды.

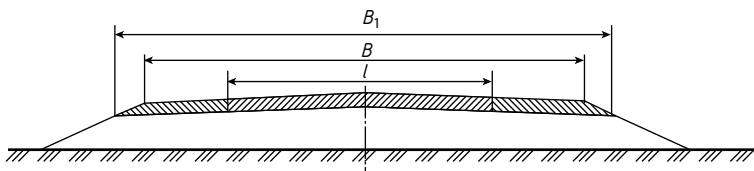


Рис. 17.1. Земляное полотно с присыпными обочинами:
 B — ширина дорожного полотна; B_1 — ширина земляного
 полотна; l — ширина проезжей части

При устройстве полукорытного профиля земляное полотно возводят до отметки H_1 , которая меньше проектной отметки H на величину y , а шириной по верху B_1 больше ширины дорожного полотна на величину $2z$ (рис. 17.2). Параметры H_1 , y и глубину корыта определяют с таким расчетом, чтобы грунта, вырезаемого из корыта, хватило на подсыпку обочин и обеспечение рабочей отметки.

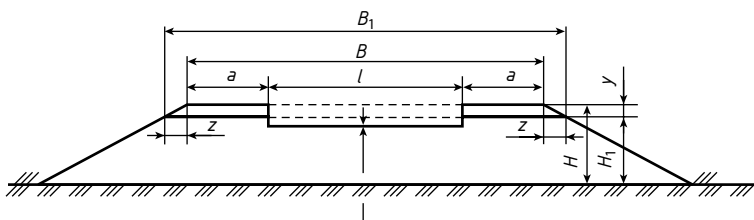


Рис. 17.2. Земляное полотно при полукорытном профиле:
 B — ширина дорожного полотна; B_1 — ширина земляного полотна;
 l — ширина проезжей части; a — ширина обочин;
 H — отметка бровки готовой дороги; H_1 — отметка
 отсыпаемого земляного полотна

Корыто в земляном полотне вырезают чаще всего автогрейдером, которые двигаются по круговой схеме, срезая и перемещая грунт в сторону обочин. Дну корыта обеспечивают требуемый поперечный уклон и перед устройством основания уплотняют легким катком за два-три прохода по одному следу. Для удаления воды из корыта и дорожной одежды в этом случае в обочинах также делают поперечные прорезы.

Поперечные профили дорог V категории с покрытиями из гравийных или грунтощебеночных смесей бывают серповидными (рис. 17.3, а) и полукорытными при необходимости утолщения покрытия в пределах проезжей части (см. рис. 17.3, б).

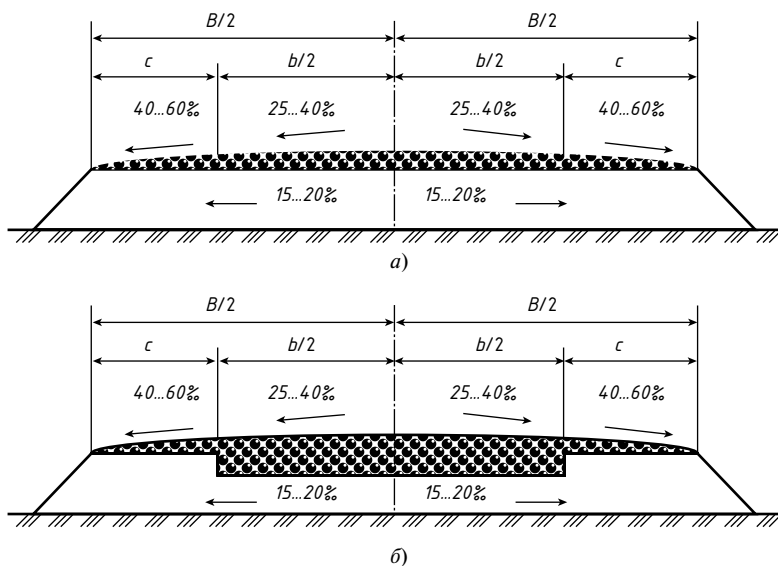


Рис. 17.3. Поперечные профили:
 а — серповидный; б — полукорытный; B — ширина земляного полотна; b — ширина проезжей части; c — ширина обочины

17.2. Строительство щебеночных покрытий

Щебеночные покрытия применяют на дорогах IV и V категории с интенсивностью движения до 500 авт./сут.

К преимуществам подобных покрытий можно отнести простоту технологии работ и возможность использования отходов промышленности (шлаковый щебень), к недостаткам — быструю потерю первоначальной ровности и необходимость в частом проведении ремонтных работ.

Строительство щебеночных покрытий во многом аналогично строительству щебеночных оснований. В отличие от оснований для щебеночных покрытий применяют более прочный щебень (см. табл. 15.5), а содержание минеральных частиц мельче 0,05 мм в смесях может составлять 7...25% по массе.

Щебеночные покрытия, как и щебеночные основания, строят по способу заклинки или из готовой щебеночной смеси. Выбор способа работ в основном зависит от наличия минеральных материалов и возможности их получения. При наличии природного щебеноч-

ного материала, в составе которого имеются зерна разной крупности, целесообразно применять плотную смесь. В случаях получения крупного щебня путем дробления камня на собственных дробильно-сортировочных установках или экономичной его доставки по железной дороге можно использовать метод заклинки.

На выбор технологии работ существенное влияние оказывают климатические условия региона. Сырая погода меньше влияет на качество щебеночного покрытия, устроенного по способу заклинки, чем из щебеночной смеси, в которой пылевато-глинистые частицы при увлажнении снижают устойчивость покрытия. В сухую погоду легче расстраивается щебеночное покрытие, созданное по способу заклинки.

Как правило, работоспособность покрытий из плотных щебеночных смесей оказывается выше, чем устроенных по способу заклинки, а технологии строительства и ремонтных работ по восстановлению их ровности значительно проще. Способ заклинки в большинстве случаев целесообразнее и экономически выгоднее для строительства оснований.

Щебеночному покрытию на прямых участках придают поперечный уклон 30‰ (обочины 50‰). Толщина щебеночного покрытия зависит от состава и интенсивности движения, качества щебня и материала дополнительного слоя основания, свойств подстилающего грунта. Покрытие можно устраивать в один или два слоя. Толщина слоя зависит от вида уплотняющего средства.

В случае использования насыпи с присыпными обочинами и при наличии дренирующего слоя возможны два способа организации работ. По первому способу сначала отсыпают обочины, а затем между ними устраивают щебеночное покрытие (рис. 17.4, *а*). Причем обочины во избежание загрязнения дренирующего слоя можно устраивать только из песка. По второму способу сначала рассыпают щебень, а потом присыпают обочины (см. рис. 17.4, *б*) из песка или местного грунта.

При способе заклинки фракционированный щебень подвозят на дорогу автомобилями-самосвалами и распределяют самоходным щебнеукладчиком или навесным щебнераспределителем. Самоходный щебнеукладчик предпочтительнее использовать в случае плотного основания, навесной щебнераспределитель — при любом типе основания.

При отсутствии распределителя и укладчика можно использовать бульдозеры. В этом случае автомобиль-самосвал доставляет щебень, двигаясь по уложенному слою «от себя», и сыпает его на край россыпи, чтобы не повредить песчаный слой (рис. 17.5). В случае плотного основания щебень можно разравнивать круговыми проходами автогрейдера.

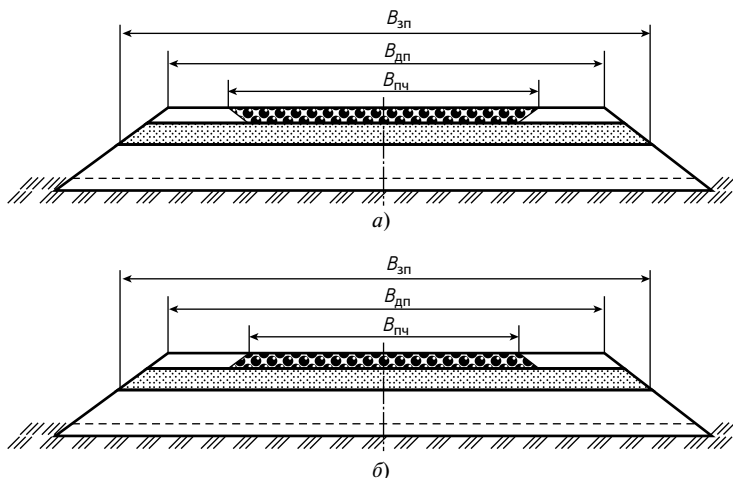


Рис. 17.4. Россыпь щебня для строительства покрытия:
а — сначала присыпают обочины, потом щебень; *б* — сначала присыпают щебень, затем присыпают обочины; $B_{\text{эп}}$ — ширина земляного полотна; $B_{\text{дп}}$ — ширина дорожного полотна; $B_{\text{пч}}$ — ширина проезжей части

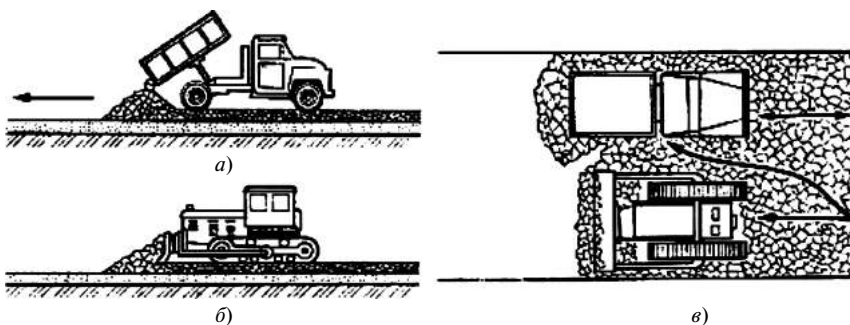


Рис. 17.5. Разравнивание щебня, доставляемого автомобилями-самосвалами:

а — доставка щебня; *б* — разравнивание щебня бульдозерами; *в* — общий вид этих операций

После уплотнения нижнего слоя щебня для заполнения пустот в минеральном скелете рассыпают еще две фракции более мелкого щебня с поливкой водой и последующим уплотнением. Последовательность технологических операций, режим укатки и применяемая техника приведены в параграфе 15.5.

В первый период эксплуатации щебеночного покрытия регулируют движение автомобилей во избежание образования колёй, наматают каменные высеvky, выбрасываемые колесами.

При использовании в качестве покрытий грунтов и малопрочных минеральных материалов в укрепленном виде следует предусматривать устройство на них поверхностной обработки или водонепроницаемого защитного слоя для предотвращения износа покрытия и его разрушения от воздействия воды и мороза.

Покрытия из щебеночных смесей строят так же, как гравийные и аналогичные им покрытия.

17.3. Строительство гравийных покрытий

Гравийные и другие глиносвязные покрытия применяют на дорогах V, реже IV категории при наличии гравийных или подобных им каменных материалов (щебень, шлак, дресва, ракушка).

Недостатками подобных покрытий являются сильная пылимость в сухое время года, быстрая потеря первоначальной ровности (особенно после дождей) и значительный износ. Особо характерно это для сельскохозяйственных и лесовозных дорог, где доля большегрузных автомобилей, колесных тракторов и специальной техники зачастую составляет более 50%. Результаты обследований свидетельствуют, что количество профилировок покрытий в год составляет 10...25, а физический износ — до 5 см. В то же время гравийные покрытия характеризуются низкой стоимостью и простотой технологий строительства, ремонта, содержания.

Толщину гравийного покрытия назначают по расчету в соответствии с Инструкцией по проектированию дорожных одежд нежесткого типа ОДН 218.046—01. При этом она не должна быть менее 8 см при укладке на прочное основание и не менее 15 см при укладке на песок.

Готовые песчано-гравийные или песчано-гравийно-щебеночные смеси характеризуют показателями качества по зерновому составу, прочности, содержанию зерен слабых пород, а также пылевидных и глинистых частиц, морозостойкости, водостойкости. Максимальная крупность зерен в смеси не должна превышать 40 мм. Гранулометрический состав должен удовлетворять требованиям оптимальной смеси и обеспечивать максимальную ее плотность и минимальную пористость. Марки по прочности, морозостойкости и водостойкости гравия и щебня, входящих в состав смесей, должны соответствовать тре-

бованиям ГОСТ 8267—93. Содержание пылевато-глинистой фракции, являющейся вяжущим в смеси, может достигать 25% по массе.

Если карьерный гравийный материал не удовлетворяет требованиям оптимальной смеси, смесь обогащают, т.е. составляют искусственно путем отгροхотки крупных зерен или мелких частиц и добавления недостающих фракций в виде крупных частиц (гравий, щебень), песка или связного грунта (супесь, суглинок). Выбор способа получения оптимальных смесей обусловлен в основном экономическими соображениями, наличием минеральных материалов и оборудования.

К строительству гравийных покрытий приступают при полной готовности земляного полотна. Окончательное профилирование поверхности земляного полотна (при серповидном профиле) или устройство корыта (при полукорытном профиле) выполняют автогрейдерами. После профилирования производят уплотнение грунта легкими катками с металлическими вальцами или пневмокатками. Затем выполняют разбивочные работы. После нанесения высотных отметок каждого слоя покрытия на разбивочных колышках, установленных за бровкой земляного полотна, отмечают толщину слоев в рыхлом теле. Для определения толщины слоев в рыхлом теле необходимо учитывать коэффициент запаса на уплотнение смеси, определяемый в лаборатории до начала работ.

Гравийные покрытия, как правило, устраивают однослойными. Покрытие общей толщиной более 20 см укладывают в два слоя: нижний слой — из более крупного материала с меньшим количеством мелкозема; верхний слой — с большим количеством мелкозема.

Строительство гравийных покрытий включает приготовление, вывозку, распределение, планирование и уплотнение гравийного материала.

Смесь предпочтительнее готовить на смесительных установках (типа ДС-50 Б), обеспечивающих точное дозирование ингредиентов смеси, тщательное их перемешивание и оптимальное увлажнение. Для уменьшения износа покрытия и его пылимости при изготовлении смеси целесообразно вводить в нее вместо воды обеспыливающие материалы в виде водных растворов хлористого натрия и кальция, лигносульфонатов технических (ЛСТ), лигнодора, сульфитного щелока. Оптимальную влажность смеси или концентрацию обеспыливающих материалов определяют заранее в лаборатории. Приготовленную гравийную смесь доставляют на дорогу автомобилями-самосвалами.

Приготовление гравийной смеси непосредственно на дороге допускается в виде исключения. При этом производят послойное распре-

ление каждого материала с последующим перемешиванием фрезами, автогрейдерами, плужными смесителями. В случае недостатка мелких фракций в вывезенном на дорогу гравийном материале его восполняют местным грунтом в виде песка, супеси или суглинка в соответствии с рекомендациями лаборатории. В процессе перемешивания необходимо обеспечить такую влажность смеси, которая способствует разрушению глинистых агрегатов и исключает прилипание их к рабочим органам машин. Перед планированием смеси ее влажность доводят до оптимальной.

Распределение доставленной из карьера готовой смеси производят самоходными укладчиками или автогрейдерами. Укладчики обеспечивают необходимую ровность, а также предварительное уплотнение слоя. При использовании автогрейдера готовую гравийную смесь завозят на подготовленное земляное полотно или в корыто из расчета требуемой толщины слоя. Расстояние между штабелями материала, выгруженного из автосамосвалов, определяют по формуле

$$l = \frac{P}{B\gamma t},$$

где P — грузоподъемность автомобиля-самосвала, т; B — ширина слоя, м; h — высота слоя, м; γ — максимальная плотность смеси, т/м³.

Разравнивание материала производят автогрейдером за пять — десять проходов в зависимости от толщины слоя.

Уложенный слой покрытия уплотняют самоходными катками с гладкими вальцами статического и вибрационного действия, комбинированными катками, а также катками на пневматических шинах. Лучшие показатели обеспечиваются при использовании комбинированных и пневмошинных катков. Гравийная смесь при уплотнении должна иметь оптимальную влажность. В сухую и жаркую погоду за 20...30 мин до уплотнения определяют влажность смеси и при необходимости поливают водой в количестве, обеспечивающем превышение оптимальной влажности на 1...3%. Целесообразно в этих случаях вместо воды использовать растворы гигроскопических солей.

Покрытие уплотняют вначале легкими катками массой 5...8 т (прикатка), а затем массой 10...12 т (укатка). Максимальная толщина уплотняемого слоя зависит от типа и массы катка и, как правило, не должна превышать 0,25 м при использовании комбинированных и пневмошинных катков и 0,18 м — катков с гладкими вальцами.

Прикатка слоя выполняется проходом катков от краев к середине с перекрытием следа на $\frac{1}{3}$ ширины вальца. Скорость движения катка

должна быть 1...2 км/ч. Число проходов катка по одному следу определяется пробной укаткой и колеблется от трех до шести. Прикатку следуется считать законченной, если перед передними вальцами не образуется волна и отсутствует заметная на глаз осадка слоя. При использовании вибрационных катков подкатка производится с выключенным вибрационным вальцом. После прикатки слоя проверяют его ровность и поперечный уклон в целях установления и исправления дефектных мест.

При укатке слоя число проходов катка (массой 10...12 т) по одному следу также определяют пробной укаткой (оно колеблется от 10 до 25). Критерием окончания укатки является число проходов катка, обеспечивающее максимальную плотность смеси. Начинать уплотнение следует от обочин при скорости движения 3...5 км/ч. При последующих проходах каток смещают к оси дороги с перекрытием предыдущего следа на $\frac{1}{3}$ ширины, а его скорость может быть повышена до 10...15 км/ч.

Укатка выполняется по челночной схеме. Внешними признаками окончания укатки является прекращение осадки уплотняемого слоя от прохода катка и прекращение движения волны перед катком.

Достигнутую плотность слоя контролируют с помощью плотнотемера КП-120 или «методом лунки». Окончательного уплотнения гравийного покрытия достигают лишь в результате систематического профилирования после дождей и регулирования движения (обычно через два-три месяца).

17.4. Перестройка дорожных одежд переходного типа

Нормативная пропускная способность большого числа дорог с переходным типом покрытия зачастую бывает превышена спустя всего лишь три года — пять лет после завершения строительства, поэтому при их эксплуатации быстро ухудшается ровность покрытия и возрастает его износ, что вызывает необходимость ремонта ранее установленных нормами сроков.

Существующие методы ремонта, заключающиеся в основном в профилировке покрытия или подсыпке нового слоя, малоэффективны, поскольку через непродолжительный промежуток времени вновь образуются деформации в виде колеи, волн, выкрашиваний. В связи с этим для существенного увеличения межремонтных сроков и улуч-

шения эксплуатационных характеристик таких покрытий необходимы качественные изменения их свойств.

В настоящих условиях недостаточного финансирования дорожной отрасли строительство новых дорог идет явно медленными темпами и не может отвечать требованиям быстро растущего автомобильного парка. Частично решить эту проблему можно также за счет увеличения пропускной способности местных дорог с переходными и низшими типами дорожных одежд путем их реконструкции или перестройки дорожной одежды.

Добиться решения вышеназванных проблем можно путем кировки покрытия и последующего укрепления взрыхленной смеси. Для этого, особенно если вскиркованный материал относится к категории крупнообломочных грунтов, пригодны практически любые органические и минеральные вяжущие или композиции, составленные на их основе. Экономическая целесообразность указанного подхода подтверждается возможностью использования существующей дорожной одежды и отказа от привозных материалов.

При проведении работ к каждой дороге должен быть индивидуальный подход. Суть его заключается в том, чтобы при разработке проекта работ учитывалось ее конкретное состояние, интенсивность и состав движения, затраты на ремонт и эксплуатацию. В итоге весь комплекс назначенных мероприятий должен привести в соответствие технико-эксплуатационные характеристики дороги и реальную (перспективную) интенсивность движения.

В зависимости от состояния дороги, перспективной интенсивности и состава движения возможно применение одного из трех направлений работ, обеспечивающих:

1) повышение эксплуатационных характеристик покрытий, уменьшение их износа и увеличение межремонтных сроков путем применения несложных технологических приемов;

2) повышение прочности, сдвигоустойчивости покрытий путем использования вяжущих, придающих обработанному слою способность к регенерации и способствующих образованию коагуляционной структуры;

3) значительное повышение расчетных характеристик, сдвигоустойчивости и прочности покрытий путем использования вяжущих, способствующих образованию кристаллизационной или бинарной кристаллизационно-коагуляционной структуры.

На дорогах с невысокой интенсивностью движения можно уменьшить износ, исключить пыление и увеличить межремонтный срок

за счет обработки верхнего слоя покрытия на глубину до 5 см органическим вяжущим, ЛСТ, лигнодором. После кирковки покрытия работы можно вести методами смешения или пропитки.

Работы по второму направлению связаны с использованием вяжущих, обеспечивающих укрепленному материалу тиксотропные свойства, т.е. возможность восстанавливать утраченные технико-эксплуатационные характеристики путем многократного киркования покрытия, при необходимости внесения реагентов, перемешивания и уплотнения.

Указанный способ обработки можно использовать при реконструкции и ремонте дорог с высокой интенсивностью движения, а также при проходе большегрузных автомобилей и транспортных средств, характеризующихся очень большими удельными нагрузками на покрытие. Работы с использованием таких вяжущих рентабельны в случаях, когда для обеспечения нормированных упругих прогибов требуется строительство очень мощной дорожной одежды, что характерно для сельскохоззяйственных, карьерных, лесовозных дорог.

Используя специальные вяжущие, можно значительно повысить прочность покрытия, его водостойкость, увеличить межремонтный срок. В то же время возникающие в процессе эксплуатации деформации в виде колёй, волн, выкрашиваний легко ликвидируются в процессе ремонта, причем дополнительных минеральных материалов при этом не требуется.

При обработке гравийных и щебеночных смесей в этом случае целесообразно использовать вяжущие, характерной особенностью которых является наличие в них воды, выполняющей здесь важную роль структурирующей добавки и показателя степени регенерируемости смеси. Таковыми являются битумные эмульсии, битумные пасты, комплексные вяжущие, состоящие из ЛСТ в сочетании с жидкими органическими вяжущими. Они обеспечивают коагуляционный характер связей в укрепленном материале. Варьируя состав вяжущих, можно регулировать адгезию пленок вяжущего к поверхности минеральных зерен и получать укрепленный материал с различной степенью тиксотропности (регенерируемости).

Работа по третьему направлению связана со значительным повышением расчетных характеристик покрытия и поэтому предусматривает использование для укрепления смесей вяжущих, обеспечивающих высокие прочностные характеристики. Наиболее типичными вяжущими в этом случае являются цементы, известь, золы-уноса, молотые шлаки. Исследования последних лет показали, что при укреплении смесей

одним минеральным вяжущим материал оказывается чрезмерно жестким и неморозостойким, поэтому предпочтительнее использовать два вяжущих — органическое и минеральное.

Особенности технологии работ по всем трем направлениям приведены в параграфе 15.3.

17.5. Строительство булыжных мостовых

Дорожные одежды с мостовыми в качестве покрытий отличаются достаточной прочностью и сравнительно большим сроком службы (до капитального ремонта не менее 20 лет). В настоящее время практически не строятся из-за использования ручного труда и неровной поверхности. Мостовые можно устраивать на дорогах III и IV категории, на которых нет дорожной службы и отсутствует регулярное содержание, так как они могут долго служить без ремонта.

Для булыжных мостовых применяют мелкий валунный камень, кругляк или булыжник, для осколочных — колотые из скальных горных пород шашки размером от 12 до 25 см.

Ранее построенные мостовые применяют в качестве оснований для покрытий капитального типа.

Мостовые строят в корыте на песчаном или другом дренирующем основании. В поперечном профиле мостовой придают двускатный уклон 4...5% (рис. 17.6).

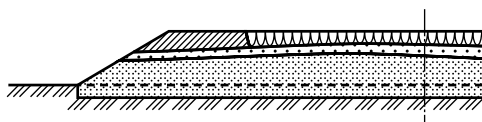


Рис. 17.6. Поперечный профиль булыжной мостовой

Песчаное основание должно быть слоем не менее 15...20 см, так как в него погружают камни, образующие мостовую. Глубина посадки камней в песчаный слой зависит от их высоты и может колебаться в пределах от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ высоты.

До начала мощения обязательна разбивка: ряды колышков забивают через 2...2,5 м по оси, краям и поперечникам, отстоящим друг от друга на 10 м. Мощение начинают с установки краевых (верстовых) камней. По колышкам, выставленным у обочин, натягивают шнур, определяющий границу и высоту мостовой. Верстовые камни уклады-

вают попеременно длинной и короткой стороной к шнуру так, чтобы не допустить образования сквозного шва вдоль версты. Мостят таким образом, чтобы ближе к обочинам были более крупные камни с постепенным уменьшением размера к середине. При укладке камней соблюдают перевязку швов как в продольном, так и в поперечном направлении.

После мощения трамбуют участок начиная от краев механической или ручной трамбовкой массой 20...30 кг, после чего швы заполняют каменной мелочью размером 10...20 мм. Затем производят второе, более усиленное трамбование.

После уплотнения мостовую засыпают каменной мелочью (5...10 мм) с тщательным заметанием их в промежутки между камнями. Затем мостовую уплотняют сначала легкими катками (5...6 т) за четыре-пять проходов по одному следу, затем тяжелыми (8...12 т) за два-три прохода. Тяжелые катки необходимы при строительстве мостовой как основания под капитальное покрытие.

После приемки мостовой ее засыпают песком слоем 1,5...2 см, который разметают щетками и метлами, после чего открывают движение.

ГЛАВА 18. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ОБЛЕГЧЕННОГО ТИПА И МОСТОВЫХ

18.1. Покрытия и основания из щебня, обработанного вяжущим в стационарной установке

Щебень, обработанный вяжущим, применяют при устройстве покрытий и оснований по принципу заклинки. Покрытия из этого материала можно строить на дорогах III и IV категории, основания — на дорогах I...IV категории. Обработку вяжущим производят в асфальтосмесителях принудительного перемешивания, что обеспечивает наилучшее обволакивание минеральных зерен и повышенное сцепление между ними при экономном расходе вяжущего при сравнении с методами пропитки или смешения на дороге.

Погодные условия в период строительства в меньшей степени влияют на качество слоев из щебня, обработанного вяжущим в стационарной установке, но стоимость этого материала выше, чем при обработке вяжущим на дороге, вследствие применения асфальтосмесителей.

Марка щебня, используемого для обработки органическими вяжущими, должна составлять: для устройства покрытия из изверженных пород — не ниже 800, из осадочных и метаморфических — не ниже 600, для устройства оснований из изверженных пород — не ниже 600, из осадочных и метаморфических — не ниже 300.

Щебень можно обрабатывать вязкими, жидкими и эмульгированными органическими вяжущими. Вид вяжущего определяет технологические особенности приготовления и использования черного щебня. В северных районах применяют жидкие битумы и вязкие с пенетрацией выше 130, а в южных — вязкие битумы с пенетрацией ниже 130.

При использовании вязких и жидких битумов применяют горячую технологию обработки щебня. Температура нагрева вяжущих, щебня и обработанного щебня приведена в табл. 18.1.

Таблица 18.1

Температура нагрева материалов

Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	Условная вязкость по вискозиметру с отверстием 5 мм при 60 °С, с	Температура, °С		
		органического вяжущего, поступающего в мешалку	щебня при выходе из сушильного барабана	обработанного щебня при выпуске из смесителя
Свыше 40 до 130	—	140...150	150...170	140...160
Свыше 130 до 300	—	110...130	120...150	110...130
—	Свыше 130 до 200	80...100	110...130	90...110
—	Свыше 70 до 130	80...90	100...120	80...110

В случае применения ПАВ температура обработанного щебня при выпуске из смесителя и нагрева щебня в сушильном барабане должна быть снижена на 10...20 °С.

Для обеспечения водостойкости пленки вяжущего на щебне используют активные добавки извести в количестве 0,5% массы щебня или ПАВ в количестве 0,5...4,5% массы вяжущего. Известь вводят в мешалку до введения органического вяжущего, а ПАВ — непосредственно в вяжущее.

Количество органического вяжущего в обработанном щебне зависит от марки вяжущего, породы камня, крупности щебня и находится в интервале 1,3...5,5% массы щебня.

Для обработки щебня можно использовать эмульсии классов ЭБК-2 и ЭБА-2, а также обратные эмульсии вязкие ЭО-В и жидкие ЭО в сочетании с прямыми ЭБА-2 и ЭБА-3. Эмульсии, используемые для обработки щебня, должны выдерживать испытание на водоустойчивость пленки по ГОСТ Р 52128—2003. Если прямая анионная эмульсия не выдерживает испытания, в щебень необходимо вводить известь.

При обработке щебня, предназначенного для укладки сразу после приготовления, используют эмульсии, содержащие вязкие битумы с глубиной проникания иглы от 60 до 130; для щебня, заготавливаемого впрок, — прямые эмульсии, приготовленные на битумах пониженной вязкости с глубиной проникания иглы 200...250 и обратные ЭО-В и ЭО в сочетании с прямыми, приготавливаемыми на вязких битумах с пенетрацией 40...90.

Количество эмульсии, необходимое для обработки щебня, зависит от его крупности, природы камня, характера поверхности и составляет

1,5...4,5% в пересчете на битум. Необходимое количество эмульсии для обработки щебня определяется в лаборатории при подборе составов. В случае обработки щебня обратной эмульсией совместно с прямой 40% вязущего вводят в виде обратной эмульсии и 60% — в виде прямой.

Щебень обрабатывают эмульсиями в смесителях принудительного перемешивания, обеспечивающих дозирование всех компонентов. В случае обработки щебня прямыми или обратными эмульсиями сначала в смеситель подают щебень и известь, а затем вводят эмульсию. Если щебень обрабатывают двумя эмульсиями, сначала его перемешивают с известью, затем с обратной эмульсией и, наконец, с прямой. При работе с прямыми и обратными эмульсиями, как правило, не требуется подогрева минеральных материалов и эмульсии. Исключение составляет обратная эмульсия ЭО-В, которую необходимо подогревать до 60...70 °С.

Щебень, обработанный вязкими битумами, сразу после приготовления транспортируют к месту укладки автомобилями-самосвалами. Чтобы избежать прилипания щебня, дно и стенки кузова смазывают мазутом или мыльным раствором. В прохладную погоду при транспортировании на расстояние более 20 км кузовов необходимо накрывать брезентом.

Щебень, обработанный жидким битумом, можно укладывать сразу после приготовления в горячем виде либо складировать и хранить по фракциям в зоне работ. Чтобы не допустить слипания щебенки, черный щебень перед складированием охлаждают до температуры 30...35 °С струей воздуха или систематическим рыхлением. Максимальный срок хранения черного щебня в штабеле высотой до 2 м зависит от большого числа факторов и не должен превышать 8 мес. Реальный срок хранения черного щебня можно определить путем предварительного проведения специальных работ.

Щебень, обработанный битумной эмульсией, выгружают из смесителя в автомобили-самосвалы и отвозят к месту складирования или на дорогу. Обработанный эмульсией щебень может храниться в штабеле, не слеживаясь, несколько месяцев.

Работы по строительству покрытий и оснований из щебня, обработанного вязкими и жидкими битумами, производят в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5 °С весной и летом и 10 °С осенью. Работы со щебнем, обработанным эмульсиями, следует проводить при следующих температурах воздуха: в случае анионной эмульсии — не ниже 10 °С, катионной — не ниже 5 °С, обратной (в том числе совместно с прямой) — не ниже –5 °С.

Толщина слоя покрытия или основания не должна быть менее 5 см. Слой, на который укладывают черный щебень, должен быть очищен от пыли и грязи и обработан битумной эмульсией или разжиженным битумом из расчета 0,5...0,8 л/м².

Распределение основной фракции черного щебня 20...40 мм в количестве 20...25 кг/м² на каждый сантиметр толщины слоя осуществляют с помощью щебнераспределителя или асфальтоукладчика, после чего уплотняют катком массой 6...8 т за четыре — шесть проходов по одному следу. После уплотнения слоя навесным щебнераспределителем рассыпают расклинивающую фракцию 10...20 мм в количестве 10...15 кг/м² и уплотняют катками массой 10...13 т за три-четыре прохода по одному следу. Затем распределяют щебень второй расклинивающей фракции 3(5)...10(15) мм из расчета 7...10 кг/м² и окончательно уплотняют средними или тяжелыми катками за три-четыре прохода по одному следу.

При строительстве оснований для основного слоя можно использовать фракцию щебня 40...70 мм, а для расклинивания — 20...40 и 10...20 мм. При использовании щебня фракций 5...40 и 5...20 мм конструктивный слой устраивают за один прием без расклинивания.

За покрытиями и основаниями из черного щебня в начальный период эксплуатации необходим уход, заключающийся в регулировании движения по всей ширине проезжей части и ликвидации возникающих деформаций. Продолжительность формирования слоя зависит от вида вяжущего, погодных условий, интенсивности движения транспорта и ориентировочно составляет 7...15 сут. при использовании вязких битумов и 20...30 сут. в случае применения жидких битумов и эмульсий.

На основании из черного щебня покрытие можно устраивать через 8...10 сут. после окончания периода его формирования. Учитывая это, устройство оснований из холодного черного щебня должно быть завершено за три-четыре недели до осенних дождей.

Для повышения водонепроницаемости, шероховатости и износостойкости на покрытиях из черного щебня, устраиваемых во II и III дорожно-климатических зонах, необходимо устраивать поверхностную обработку.

Контроль качества строительства. При строительстве покрытий и оснований из черного щебня контролируют качество каменных и вяжущих материалов, технологию приготовления черного щебня, технологию устройства покрытия и основания и их качество.

При изготовлении черного щебня контролируют влажность каменных материалов, температуру и вязкость вяжущего, продолжитель-

ность перемешивания, температуру готового щебня, сцепление вяжущего со щебнем.

При проведении строительных работ контролируют температуру черного щебня, доставленного к месту укладки, норму расхода щебня, толщину слоев, степень уплотнения, ровность и поперечные уклоны.

Степень уплотнения слоев проверяют пробным проходом катка массой 10...13 т, при этом не должно наблюдаться движения щебня или образования волн перед вальцом катка.

18.2. Конструктивные слои из органоминеральных смесей

Органоминеральные смеси получают путем смешения в установке или на дороге щебня, гравия, песка и их смесей, а также минерального порошка (в том числе тонкодисперсных отходов промышленного производства) с органическими вяжущими и активными добавками.

В качестве органических вяжущих для приготовления смесей применяют жидкие и вязкие нефтяные битумы, а также битумные эмульсии.

Область применения органоминеральных смесей приведена в табл. 18.2.

Таблица 18.2
Область применения органоминеральных смесей

Материал	Дорожно-климатическая зона	Интенсивность воздействия расчетной нагрузки, ед./сут.	Конструктивный слой		
			Покрытие	Основание	
Смеси с жидкими органическими вяжущими	II...V	350 и менее	+	+	+
		100 и менее	+	—	—
Смеси с вязкими, в том числе эмульгированными органическими вяжущими	II...V	2000 и менее	—	—	+
		1000 и менее	—	+	+
		500 и менее	+	+	+
		100 и менее	+	—	—

Для обработки органическими вяжущими используют песчаные (зерна до 5 мм), мелкозернистые (зерна до 20 мм) и крупнозернистые смеси с зернами размером до 40 мм (только для оснований), составленные по принципу плотного состава из нескольких компонентов. Зерновой состав, подобранный по кривым плотных смесей в соответствии

с ГОСТ 30491—97, обладает наибольшей плотностью и минимальной пористостью. Марка камня по дробимости в зависимости от крупности зерен находится в интервале 800...200, причем самые крупные зерна (40 и 20 мм) должны иметь максимальную прочность.

Приготовление смесей. Смеси на жидких органических вяжущих можно готовить в асфальтосмесительных установках и непосредственно на дороге. При использовании асфальтосмесительных установок смесь можно готовить как по горячей технологии с просушенными минеральными материалами, так и по холодной — с влажными минеральными материалами. Технологический процесс приготовления смесей по горячей технологии аналогичен процессу приготовления горячих асфальтобетонных смесей на вязких битумах. Температура нагрева жидких органических вяжущих и каменных материалов зависит от вязкости вяжущего.

После приготовления смеси транспортируют к месту укладки или на склад. Перед складированием в штабель высотой до 2 м смесь во избежание слеживаемости охлаждают до температуры 30...40 °С. Возможный срок хранения смеси в штабеле зависит от вида вяжущего, его вязкости и толщины пленок, породы камня, погодных условий и составляет 4...8 мес.

Для приготовления смесей по холодной технологии могут быть использованы любые смесительные установки с принудительным перемешиванием, оборудованные системами дозирования минеральных материалов, органических вяжущих и воды. В этом случае минеральные материалы не сушат и не подогревают, а вяжущее при необходимости подогревают до рабочей температуры, соответствующей его вязкости. При изготовлении смеси осуществляют следующую очередность введения ингредиентов в мешалку: сначала загружают минеральные материалы, затем воду в количестве 3...7% массы минеральных частиц (определяется в лаборатории экспериментальным путем), обеспечивающую быстрое и равномерное распределение пленок вяжущего, и в последнюю очередь органическое вяжущее. Приготовленную холодную смесь выгружают в автомобиль-самосвал для транспортирования к месту укладки или хранения.

Для приготовления смесей на вязких органических вяжущих используют асфальтосмесительные установки, оборудованные смесителями принудительного перемешивания периодического и непрерывного действия. Минеральные материалы загружают сначала в сушильный барабан, где они просушиваются и нагреваются до температуры, указанной в табл. 18.3, после чего дозируются и поступают в смеситель, где перемешиваются с разогретым вяжущим.

Таблица 18.3

**Температурный режим приготовления смесей каменных
материалов с вязкими органическими вяжущими**

Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	Температура, °С		
	органического вяжущего, поступающего в смеситель	минеральных материалов при выходе из сушильного барабана	смесей минеральных материалов с органическим вяжущим при выгрузке из смесителя
От 40 до 60	140...150	175...185	150...160
От 61 до 90	135...145	170...180	145...155
От 91 до 130	130...140	165...175	140...150
От 131 до 200	120...130	155...165	130...140
От 201 до 300	110...120	145...155	120...130

Продолжительность перемешивания смеси определяется техническими характеристиками смесительной установки, которая должна обеспечить хорошее перемешивание всех компонентов смеси и полное обволакивание поверхности минеральных зерен органическим вяжущим. Приготовленную смесь из смесителя выгружают в автомобиль-самосвал для транспортирования к месту укладки или в накопительный бункер.

Холодные смеси на битумных эмульсиях могут быть различного зернового состава: щебеночные пористые и плотные, гравийные, гравийно-песчаные и песчаные. Смесии, отличающиеся зерновым и минералогическим составом, требуют применения эмульсий различного класса (табл. 18.4).

Таблица 18.4

**Класс и количество эмульсии для приготовления
эмульсионно-минеральных смесей**

Смесь	Класс битумных эмульсий	Количество эмульсии (%), в пересчете на битум
Пористые щебеночные	ЭБК-2, ЭБК-3; ЭБА-2, ЭБА-3; ЭО-В и ЭО в сочетании с ЭБА-2 или ЭБА-3	3,5...5,5
Плотные щебеночные	ЭБК-3, ЭБА-3	4,5...6,0
Гравийные и гравийно-песчаные	ЭБК-3, ЭБА-3	Крупнозернистые — 3,5...5,0 Мелкозернистые — 4,5...6,0
Песчаные	ЭБК-3, ЭБА-3	Для оснований — 5...6 Для покрытий — 6...7

Смеси на эмульсиях в отличие от горячих битумоминеральных смесей характеризуются более длительным сроком формирования. Процесс формирования зависит от активности взаимодействия эмульгатора с минеральными материалами и возможности удаления воды из смеси.

Для обработки минеральных смесей из кислых пород целесообразно использовать катионные эмульсии, обеспечивающие хорошее сцепление эмульгированного битума с поверхностью минеральных частиц и быстрое формирование смеси, а также обратные эмульсии в сочетании с прямыми. В случае применения обратных эмульсий минеральную смесь предварительно обрабатывают известью.

Обработку щебеночных смесей из основных пород можно осуществлять анионными эмульсиями, обеспечивающими, как правило, хорошее сцепление пленки вяжущего с поверхностью минеральных частиц. При подборе составов пористых и плотных смесей соотношение фракций минеральных зерен определяют в соответствии с кривыми зернового состава. Для обработки смесей, содержащих до 5% частиц мельче 1,25 мм, необходимо применять среднераспадающиеся эмульсии, а при большем содержании указанных фракций — медленнораспадающиеся.

Эмульсии, используемые для обработки щебеночных смесей, должны выдерживать испытание на водоустойчивость пленки. Если эмульсия не выдерживает испытания, в смесь необходимо вводить известь (1...2% массы минеральной части). При изготовлении плотных смесей на анионных эмульсиях введение извести в смесь обязательно.

Необходимую концентрацию битумной эмульсии и возможность смешения с ней минеральных материалов определяют в лаборатории перед началом работ.

Смеси на битумных эмульсиях готовят в смесителях с принудительным перемешиванием периодического или непрерывного действия, оборудованных дозирующими устройствами для всех компонентов смеси (в том числе воды). При изготовлении смеси сначала дозируют и подают в смеситель минеральные материалы, затем известь и воду (при необходимости), после чего вводят эмульсию. Длительность перемешивания зависит от состава смеси, свойств эмульсии, типа смесителя и определяется опытным путем. Минеральные материалы и эмульсию не подогревают.

Если смесь готовят с применением обратных эмульсий, то при температуре воздуха ниже 15 °С минеральный материал должен быть нагрет до температуры 40...60 °С, а эмульсия — до 60...70 °С.

Готовые смеси на эмульсиях можно укладывать сразу после приготовления, а также хранить в штабелях на складе или в валиках на дороге и использовать по мере необходимости. Срок хранения в штабеле пористых смесей не должен превышать 4 мес.; плотных — 1 мес.; срок хранения смесей в валиках не должен превышать 2...7 сут. (в зависимости от погоды).

Строительство покрытий и оснований. При проведении строительных работ методом смешения на дороге используют минеральные смеси, обработанные жидкими битумами и эмульсиями. Причем менее вязкие битумы применяют в районах с прохладным и влажным климатом и при обработке минеральных материалов с повышенным содержанием мелких частиц. Из битумных эмульсий применение находят медленнораспадающиеся анионные эмульсии ЭБА-3 и битумные пасты (эмульсии на порошкообразном эмульгаторе). Метод смешения на дороге позволяет строить покрытия и основания дорожным хозяйствам, не имеющим смесительных установок.

Приготовление смесей и устройство из них конструктивных слоев должно осуществляться в сухое и теплое время при температуре воздуха не ниже 15 °С и заканчиваться за две-три недели до начала дождливого периода.

Толщина покрытия или основания должна не менее чем в 1,5 раза превышать размер наибольших зерен каменного материала. Смешение на дороге целесообразно при проектной толщине слоя до 10 см. Строительство покрытий и оснований способом смешения на дороге включает подготовительные работы, приготовление смеси на дороге, распределение и уплотнение готовой смеси. К подготовительным работам относятся устранение неровностей нижележащего слоя и обеспечение требуемого поперечного уклона, вывозка на дорогу минеральных материалов в соответствии с требуемым составом смеси, их перемешивание и укладка в валик требуемого размера.

Минеральный материал заблаговременно вывозят на дорогу и равномерно распределяют по длине участка на проезжей части или на обочинах в отдельные валики. После проверки объема каждого валика весь материал перемешивают автогрейдером до получения однородной смеси. Активаторы вводят в смесь до обработки ее органическим вяжущим с помощью распределителя цемента и автогрейдером или фрезой равномерно распределяют по всему объему материала. Для равномерного и быстрого распределения вяжущего в смеси ее предварительно увлажняют до 2...4% в случае использования жидких битумов и до 4...7% при использовании эмульсий. Жидкий битум перед внесением разогревают до рабочей температуры, битумные эмульсии используют без подогрева.

Работы начинают с разравнивания автогрейдером валика на ширину, исключаящую стекание с него вяжущего, разливаемого из автогудронатора. Для лучшего обволакивания зерен минерального материала вяжущим его разливают за три — пять приемов порциями 1,5...2,5 л/м². После каждого розлива вяжущее перемешивают с минеральным материалом с помощью дорожных фрез или автогрейдера. Более высокое качество перемешивания обеспечивается при использовании обеих указанных машин. Применение дорожных фрез позволяет распределять вяжущие через сопла ее распределительной трубы. Число проходов автогрейдера зависит от количества разливаемого за один прием вяжущего и составляет четыре — шесть проходов по одному следу.

После розлива требуемого количества вяжущего смесь окончательно перемешивают автогрейдером или автогрейдером совместно с фрезой. Число проходов автогрейдера для окончательного перемешивания зависит от объема обрабатываемого материала и составляет 25...60. При совместной работе автогрейдера и фрезы число проходов фрезы составляет 10...15, а автогрейдера — 15...30.

В жаркую сухую погоду смеси на эмульсиях и жидких битумах, густеющих со средней скоростью, можно хранить в валике один-два дня. Если применяют медленногустеющие жидкие битумы, продолжительность приготовления смеси может быть увеличена до 5 сут. Переувлажненную смесь необходимо оставить в валике для просушивания.

Для окончательного разравнивания и профилирования смеси желательно применять автогрейдер с автоматической установкой отвала. По краям проезжей части для обеспечения заданной ширины слоя и удобства уплотнения устраивают упоры. Смесь уплотняют комбинированными катками (пнеumo + вибро), катками на пневмошинах или с металлическими вальцами массой 5...10 т за три — пять проходов по одному следу. Уплотнение ведут от краев к середине с перекрытием на $\frac{1}{3}$ предшествующего следа.

После уплотнения слоя открывают движение автомобилей, регулируя его по ширине проезжей части и в течение 1...3 сут. ограничивая скорость 40 км/ч. Покрытие или поверхностную обработку можно устраивать после формирования смеси, т.е. через 3...5 сут. при теплой сухой погоде и через 7...12 сут. при прохладной.

Покрытия и основания из органоминеральных смесей, приготовленных в установке, устраивают в сухую погоду. Смеси на жидких битумах применяют при температуре воздуха весной не ниже 5 °С, осенью — не ниже 10 °С. Смеси на вязких битумах можно использовать при температуре воздуха до –10 °С. Минимальная допускае-

мая температура для смесей на эмульсии зависит от типа эмульсии и составляет 10 °С — для анионной, 5 °С — для катионной и –5 °С — для обратной.

Смеси к месту производства работ доставляют непосредственно от установки сразу же после приготовления либо из штабеля, куда они были сложены для хранения. Перед укладкой смесей поверхность нижележащего слоя обрабатывают эмульсией или жидким битумом из расчета 0,5...0,8 л/м².

Укладку смесей на подготовленный нижележащий слой производят асфальтоукладчиками. При укладке холодных органоминеральных смесей допускается использование автогрейдера.

Режимы уплотнения и формирования смесей на жидких битумах и эмульсиях идентичны таким же режимам для смесей, приготавливаемых методами смешения на дороге.

Устройство поверхностной обработки или слоев покрытий на этих смесях возможно после их формирования спустя 3...15 сут. после завершения строительных работ.

Минимально допустимая температура смесей на вязких битумах, доставляемых к месту укладки, в зависимости от вязкости битума, толщины слоя, температуры воздуха и скорости ветра должна соответствовать приведенной в табл. 18.5.

Таблица 18.5

Температура смесей, доставляемых к укладчику

Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	Толщина слоя, см	Минимальная температура смеси, доставленной к укладчику (°С), при температуре воздуха (°С)							
		30	20	15	10	5	0	–5	–10
От 40 до 130	До 5	$\frac{115}{120}$	$\frac{125}{135}$	$\frac{130}{140}$	$\frac{135}{145}$	$\frac{140}{150}$	$\frac{145}{155}$	—	—
	От 5 до 10	$\frac{105}{110}$	$\frac{115}{120}$	$\frac{120}{125}$	$\frac{125}{130}$	$\frac{130}{135}$	$\frac{135}{140}$	$\frac{140}{145}$	$\frac{145}{150}$
От 131 до 300	До 5	$\frac{90}{100}$	$\frac{95}{105}$	$\frac{100}{110}$	$\frac{105}{115}$	$\frac{110}{120}$	$\frac{115}{125}$	$\frac{120}{130}$	$\frac{125}{135}$
	От 5 до 10	$\frac{90}{95}$	$\frac{95}{100}$	$\frac{95}{105}$	$\frac{100}{110}$	$\frac{105}{115}$	$\frac{110}{115}$	$\frac{115}{125}$	$\frac{120}{130}$

Примечание. Над чертой — значения показателей при скорости ветра до 6 м/с, под чертой — свыше 6 м/с.

При температуре воздуха от 5 °С до –10 °С укладку осуществляют сразу на всю ширину покрытия. Уплотняют горячие смеси сначала

легким пневмошинным катком за четыре — шесть проходов по одному следу, а затем гладковальцовым массой 10...16 т количеством проходов, обеспечивающих максимальное уплотнение смеси.

Контроль качества работ. При проведении работ по способу смешения на дороге специальным шаблоном проверяют постоянство объема валика смеси и ее качество. Если смесь на жидких битумах готовят в установке, контролируют температуру приготовления смеси. Для смесей, хранящихся на складе, проверяют влажность. Степень уплотнения готовых оснований и покрытий из смесей на жидких битумах и эмульсиях проверяют по величине коэффициента уплотнения, который определяют на образцах, взятых из слоя через 15...20 сут. после завершения строительства. Коэффициент уплотнения должен быть не менее 0,96.

Все типы смесей (на жидких, вязких, эмульгированных вяжущих) должны отвечать требованиям ГОСТ 30491—97. В соответствии с этим ГОСТом определяют следующие физико-механические показатели смесей: предел прочности на сжатие при температурах 20 и 50 °С, водостойкость, водостойкость при длительном водонасыщении, водонасыщение, набухание, слеживаемость (только для смесей на жидких вяжущих).

При использовании горячих смесей на вязких битумах контролируют температурный режим на всех стадиях. В каждом автомобиле, прибывающем к месту укладки, измеряют температуру смеси, и, если она ниже требуемой, смесь бракуют. В процессе укатки смеси контролируют ее плотность. Для оперативного контроля плотности рекомендуется использовать различные экспресс-методы (радиоизотопный, акустический и др.). Контроль качества готового слоя осуществляют путем отбора вырубков или кернов через 1...3 сут. после устройства слоя. С каждых 7000 м² отбирают три пробы. При отборе проб измеряют толщину слоя и визуально оценивают сцепление слоя с основанием. Качество смесей устанавливают по показателям свойств образцов, переформованных из вырубков, а степень уплотнения слоев оценивают коэффициентом уплотнения, определяемым в соответствии с ГОСТ 120801—98.

При строительстве конструктивных слоев из всех типов смесей контролируют толщину слоя, ровность и поперечный уклон. Ровность слоев, поперечный профиль проверяют трехметровой рейкой, укладываемой на поверхность параллельно оси дороги. Просвет под рейкой не должен превышать 3 мм. При укладке слоев автогрейдером допускается просвет под рейкой до 7 мм.

18.3. Покрытия и основания из щебня по способу пропитки

Способ пропитки включает распределение органического вяжущего по поверхности щебеночного слоя с немедленным распределением более мелкого щебня и уплотнением. Вяжущий материал проникает в промежутки между частицами щебня, обволакивает их и обеспечивает повышенное сцепление между щебенками. Это способствует существенному улучшению прочностных показателей слоя щебня. Модуль упругости слоя возрастает в 1,5...1,8 раза. Покрытия и основания способом пропитки для лучшего сцепления органического вяжущего с поверхностью щебеночных частиц следует строить в теплое время года при температуре весной и летом не ниже 5 °С, а осенью — не ниже 10 °С.

Способ пропитки позволяет строить устойчивое покрытие или основание без применения сложного оборудования (смесительных машин). Однако обволакивание щебня вяжущим при отсутствии перемешивания происходит недостаточно равномерно. В результате в крупных порах могут возникнуть сгустки вяжущего, обуславливая нерациональный его расход.

Применение способа пропитки нецелесообразно в районах с повышенным количеством осадков и низкой положительной температурой, так как влажность щебня и пониженная температура ухудшают сцепление вяжущего с каменным материалом и уменьшают степень обволакивания отдельных зерен.

Такие покрытия строят на дорогах III и IV категории. По толщине обрабатываемого слоя различают пропитку (8...10 см) и полупропитку (5...7 см). При выборе вяжущего следует принимать во внимание, что менее вязкие материалы лучше проникают в толщу обрабатываемого слоя и более полно обволакивают щебень. Более вязкие материалы обеспечивают повышенное сцепление между зернами щебня. В связи с этим менее вязкие материалы, включая эмульсии, следует применять в районах с прохладным и влажным климатом (II и III дорожно-климатические зоны), а также в случае использования щебеночных материалов, включающих много мелких частиц. В IV и V дорожно-климатических зонах и при крупном щебне целесообразны вяжущие повышенной вязкости.

В качестве вяжущего применяют битумы БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90, прямые эмульсии ЭБК-2, ЭБК-3, ЭБА-2. Органические

вяжущие материалы (кроме эмульсий) для снижения их вязкости перед распределением должны быть нагреты: БНД 60/90 — до 140...160 °С, БНД 90/130 и БНД 130/200 — до 130...150 °С.

Поверхностно-активные вещества, способствующие лучшему сцеплению органического вяжущего с минеральным материалом, вводят в вяжущий материал на базе.

Щебеночный материал для покрытий и оснований, обрабатываемый вяжущим способом пропитки, должен отвечать следующим требованиям.

Марка по прочности или по дробимости не ниже 800 и 600 — для щебня из изверженных пород и керамдора; 600 — для щебня из осадочных и метаморфических пород; Др 12 — для щебня и Др 16 — для гравия.

Марка по износу в полочном барабане не ниже ИИП — для щебня из изверженных пород; ИИВ — для щебня из шлака, осадочных и метаморфических пород.

Морозостойкость щебня должна быть не ниже Мрз 25 — для суровых и умеренных климатических условий и Мрз 15 — для мягких климатических условий.

Покрытия способом пропитки строят из щебня следующих фракций: 40...70 мм, 20...40 мм, 10(15)...20(25) мм, 5(3)...10(15) мм. При полупропитке возможно применение смесей размером 5(3)...40 мм или 5(3)...20 мм. Коэффициент сбега этих смесей должен быть 0,65...0,75. Наибольший размер щебня не должен быть больше 0,85...0,95 общей толщины слоя. Минеральный материал должен соответствовать требованиям действующих нормативных документов и технического регламента.

Последовательность технологических операций и расход материалов при строительстве покрытия способом пропитки приведены в табл. 18.6.

Таблица 18.6

Последовательность технологических операций и расход материалов при строительстве покрытий методом пропитки

Технологическая операция	Расход материала и число проходов катков при использовании щебня	
	четырёх размеров	трех размеров
Распределение щебня размером 40...70 мм, м ³ на 100 м ²	6...7	10...12
Уплотнение легким катком, проход	2...3	3...4

Окончание

Технологическая операция	Расход материала и число проходов катков при использовании щебня	
	четырех размеров	трех размеров
Уплотнение тяжелым катком, проход	3...4	3...4
Распределение вяжущего, л/м ²	4,5...5,5	7,5...9
Распределение щебня размером 20...40 (25...40) мм, м ³ на 100 м ²	4...5	—
То же размером 10...20 (15...25) мм, м ³ на 100 м ²	—	5...7
Уплотнение легким катком, проход	2...3	3...4
То же тяжелым катком, проход	3...4	5—6
Распределение вяжущего, л/м ²	3,5...4,5	3,5...4
Распределение щебня размером 10...20 (15...25) мм, м ³ на 100 м ²	5...7	—
То же размером 5(3)...10 или 5(3)...15 мм, м ³ на 100 м ²	—	4...6
Уплотнение легким катком, проход	2...3	—
То же тяжелым катком, проход	4...5	6...7
Распределение вяжущего, л/м ²	3...4	—
Распределение щебня размером 5(3)...10 мм или 5(3)...15 мм, м ³ на 100 м ²	4...6	—
Уплотнение тяжелым катком, проход	4...5	—

Примечание. Меньший расход материалов и меньшее количество проходов катков соответствуют слою пропитки 8 см.

При строительстве оснований последнее распределение вяжущего и щебня можно не производить.

Перед началом строительства покрытия или основания по способу пропитки производят проверку нижележащего слоя по геометрическим размерам, ровности, качеству уплотнения, отсутствию загрязнения и излишней влажности. Для обеспечения ровности кромок и заданной ширины покрытия устанавливают упоры в виде временных или постоянных бордюров, брусьев. Высота упоров должна соответствовать толщине слоя.

Щебень подвозят автомобилями-самосвалами. Укладку щебня крупнее 20 мм производят самоходными распределителями, а более мелкого щебня — навесными распределителями. Возможно применение автогрейдеров, желательно с автоматизированной установкой отвала.

Для распределения вяжущего применяют автогудронаторы. Уплотняют самоходными катками, обычно с гладкими вальцами. После каждого распределения и уплотнения щебня поперечный профиль проверяют шаблоном. Ровность в продольном направлении контролируют трехметровой рейкой, а готового покрытия — многоопорной рейкой.

В процессе уплотнения щебень увлажнять не следует, чтобы не снижать сцепление с вяжущим. Это требование не распространяется на случай обработки эмульсией. При уплотнении смежные проходы должны быть перекрыты на 0,25...0,3 ширины укатки. Число проходов катков указано в табл. 18.6. Нельзя допускать дробления щебня катками. В случае образования мест с пустотами, заполненными мелочью, слой щебня в этом месте нужно разрыхлить, щебень удалить, заменить новым и уплотнить сначала механическими трамбовками, а затем катками.

С учетом нормы распределения вяжущего, а также ширины покрытия розлив производят по всей ширине или по одной половине покрытия. Очень важно обеспечить равномерность распределения, заливая пропущенные места вручную из леек или шланга, которым снабжен автогудронатор.

На смежных участках в поперечных стыках при распределении вяжущего не должно быть перекрытия, которое приводит к местному избытку вяжущего и может быть причиной сдвигов и других пластических деформаций покрытия, снижающих его ровность. Место поперечного стыка необходимо закрывать примерно на 2 м рубероидом, толем, плотной бумагой или песком слоем около 1 см. При распределении вяжущего после регулировки его подачи автогудронатор должен предварительно набрать заданную скорость. В момент прохождения закрытого места открывают сопла распределительной системы.

В случае применения эмульсии, обладающей пониженной вязкостью, ее стекание в нижнюю часть обрабатываемого слоя предотвращают путем распределения по уплотненному слою щебня размером 10...20 мм из расчета 0,4...0,5 м³ на 100 м² покрытия. Это распределение выполняют до розлива эмульсии. Остальной щебень необходимо распределять после распада эмульсии и образования черной пленки вяжущего на поверхности щебня предыдущего слоя.

Мелкий щебень и каменная мелочь должны заполнить пустоты, не образуя самостоятельного слоя. Для лучшего заполнения пустот можно разметать мелкий щебень и каменную мелочь жесткими механическими щетками. Необходимо избегать загрязнения щебня, так как это может существенно ухудшить сцепление щебня с вяжущим.

В целях повышения износостойкости, водонепроницаемости и морозостойкости готового покрытия по нему укладывают слой износа способом поверхностной обработки. В случае пропитки с применением четырех фракций поверхностную обработку можно устраивать на следующий год.

В течение 20...25 сут. после окончания работ принимают меры, обеспечивающие успешное формирование покрытия: регулирование движения по ширине проезжей части; дополнительную подкатку слоя в первые 10 сут.; систематическое наметание мелочи, разбрасываемой колесами транспортных средств; досыпку мелочи в местах выступающего излишнего вяжущего материала. Скорость движения автомобилей при этом должна быть ограничена 40 км/ч.

В случае образования на новом покрытии после выпадения дождя темных пятен или полос, что большей частью вызвано недостатком вяжущего, щебень, не связанный с покрытием, после просыхания удаляют. Затем разливают вяжущее в количестве 0,8...1,0 л/м², распределяют щебень размером 5...10 мм и уплотняют трамбовками или катками.

При замедленном формировании покрытия, что может происходить во влажную погоду, после наметания, разравнивания материала последней россыпи и его дополнительного уплотнения катками следует распределить жидкий битум марок СГ 130/200 или МГ 130/200 до 1 л/м² с дополнительной россыпью высевок в количестве 0,5...0,8 м³ на 100 м². Возможно применение быстрораспадающейся эмульсии в количестве 0,5...0,7 л/м² (из расчета на битум). Эмульсию следует распределять в два приема равными частями. После этого рассыпают высевки.

Контроль качества предусматривает испытание исходных материалов (битума, эмульсии, щебня). Ровность готового покрытия оценивают многоопорной рейкой. Возможно применение трехметровой рейки, располагаемой параллельно оси покрытия. По действующим требованиям просвет под трехметровой рейкой может быть не более 7 мм для покрытий и не более 10 мм для оснований. Допустимое отклонение поперечного уклона покрытия от проектного $\pm 5\%$, а ширины ± 5 см.

При строительстве оснований по методу пропитки часто применяют щебень пониженной прочности. Но в процессе уплотнения основного слоя из этого щебня происходит его измельчение с поверхности, что затрудняет проникание вяжущего внутрь слоя. В результате вяжущее в значительной степени скапливается у поверхности, что не только снижает общую прочность слоя, но и ухудшает условия работы вышележащего покрытия.

Исследования Дорожного научно-исследовательского института (СоюздорНИИ) показали, что в таких случаях более эффективно в слой щебня втапливать катками песчаную или мелкозернистую асфальтобетонную смесь. Формирование подобных оснований может проходить в более сложных погодных условиях (высокая влажность, пониженная температура). Расход асфальтобетонной смеси для пропитки — 60...80 кг/м². Расход битума на пропитку в этом случае меньше, чем при его применении в чистом виде.

18.4. Покрытия и основания из холодных влажных органоминеральных смесей

Органоминеральные смеси, разновидностью которых является асфальтобетон, в зависимости от вязкости применяемого органического вяжущего, температуры, при которой смесь укладывают, и скорости формирования слоя подразделяют на горячие, теплые и холодные.

К последнему классу относятся также и смеси, важнейшей особенностью которых является наличие в них на технологической стадии атмосферной или специально вводимой воды, выполняющей определенные функции. Это обуславливает своеобразие физико-химического взаимодействия компонентов смеси и структурообразования материала в конструкции.

Такие смеси обладают основными преимуществами холодных асфальтобетонных смесей (возможность хранения в штабеле в течение 3...12 мес., транспортирования на большие расстояния, укладки на сырое основание) и, кроме того, позволяют в отличие от последних:

- использовать влажные минеральные материалы, что существенно удешевляет и упрощает технологический процесс приготовления смесей за счет исключения узла подогрева и просушки;

- обеспечивать экологическую чистоту в зоне расположения АБЗ.

Важно также отметить, что в горячих смесях уже на стадии их приготовления вяжущее стареет на 50...70%, что соответствует 7...10-летнему сроку эксплуатации покрытия. Свойства вяжущего в холодных влажных смесях в отличие от горячих на технологической стадии не ухудшаются, так как оно контактирует не с горячим, а с холодным каменным материалом, причем в присутствии воды, и не находится длительное время в нагретом состоянии. Вместе с тем отдельные разновидности

материалов из этих смесей по своим физико-механическим свойствам могут приближаться к материалам из горячих смесей и даже превосходить их.

Технологической основой реализации технологий с применением влажных смесей является направленное управление закономерностями взаимодействия полидисперсных многокомпонентных систем. Все холодные влажные смеси являются типичной композиционной системой и содержат минеральный наполнитель, органическое вяжущее, воду и воздух.

При проектировании составов и технологии применения холодных влажных смесей необходимо учитывать особенности взаимодействия компонентов, условий смачивания, растекания и обволакивания твердых поверхностей жидкой фазой, опираясь на закономерности физико-химических процессов, происходящих на поверхностях смешиваемых компонентов.

При этом специфика процессов формирования смесей определяется особенностями взаимодействия органического вяжущего с поверхностью минеральных материалов, где важную роль играют силы поверхностного натяжения. Предварительное смачивание водой поверхности минеральных частиц способствует значительному снижению поверхностного натяжения и улучшению условий смачивания их вяжущим.

Холодные влажные органоминеральные смеси можно разделить на две группы: эмульсионно-минеральные (ЭМС) и пленочно-минеральные (ПМС). Такое разделение диктуется принципиальными различиями между смесями как в способах приготовления, так и в структуре на различных стадиях формирования.

Характерной особенностью ЭМС является то, что органическое вяжущее на всех технологических стадиях и в течение определенного времени эксплуатации конструктивного слоя находится в дисперсном состоянии. В связи с этим технология приготовления ЭМС базируется на применении вяжущего в виде битумной эмульсии или его эмульгирования в процессе приготовления смеси. В отличие от ЭМС вяжущее в ПМС переводится в процессе приготовления смеси в пленочное состояние.

В дорожном строительстве находят применение ЭМС, получаемые смешением в установках минеральных материалов с эмульсиями или пастами и укладываемые в качестве оснований или покрытий в виде черного щебня, пористых или плотных смесей. Обработывая минеральный материал, предназначенный для укладки сразу после

приготовления, применяют эмульсии, содержащие вязкие битумы, а для щебня, приготавливаемого впрок, — эмульсии на жидких битумах.

Для обработки используют прямые анионные и катионные эмульсии, а также эмульсии обратного типа. При строительстве дорожных покрытий из черного щебня или пористых щебеночных смесей спустя 3...5 сут. после завершения строительства необходимо устраивать поверхностную обработку. Покрытия из плотных щебеночных смесей, имеющие незначительную остаточную пористость 4...5% и приготавливаемые на медленнораспадающихся анионных эмульсиях и пастах, характеризуются длительностью формирования и требуют соблюдения некоторых условий, заключающихся в обязательном введении в смесь извести, ограничении влажности минеральных материалов и толщины укладываемого покрытия до 3...5 см.

Технологии устройства конструктивных слоев из черного щебня, плотных и пористых смесей на эмульсиях приведены в параграфе 18.3.

Особое место среди ЭМС занимают холодные смеси, приготовленные в асфальтосмесительных установках путем смешения в холодном состоянии увлажненных минеральных материалов заданного гранулометрического состава и определенного количества вязкого битума, нагретого до рабочей температуры. Главной отличительной особенностью смеси является содержание в ней воды в количестве, обеспечивающем диспергирование битума и необходимую удобоукладываемость смеси.

В зависимости от содержания минеральных материалов и их свойств количество воды в смеси может быть в пределах 5...10%. Диспергирование битума осуществляется в мешалке в процессе перемешивания его с увлажненными минеральными составляющими. Роль эмульгатора выполняют твердые частицы минерального порошка размером менее 0,071 мм, содержание которых в смеси должно быть не менее 3%.

Формирование структуры материала происходит под воздействием погодных условий и проходящего по покрытию транспорта и ориентировочно составляет 1...7 сут. После формирования подобные смеси обладают такими же физико-механическими свойствами и расчетными характеристиками, что и горячие асфальтобетонные смеси, и используются для строительства покрытий на дорогах II...IV категории.

ПМС в России представлены главным образом грунтами, укрепленными жидкими битумами, и влажными органоминеральными смесями (ВОМС). В состав ВОМС наряду с обычными компонентами

ПМС входят также минеральный порошок и известь. Наличие в смеси небольшого количества воды (3...5%) обеспечивает снижение поверхностного натяжения, улучшает условия смачивания минеральных частиц битумом, способствует уменьшению толщины его пленок.

В зависимости от размера зерен минерального материала ВОМС разделяют на крупнозернистые (зерна до 40 мм), мелкозернистые (зерна до 20 мм) и песчаные (зерна до 5 мм). В качестве вяжущего применяют жидкие, разжиженные битумы, гудроны с вязкостью 40...120 с по стандартному вискозиметру с отверстием 5 мм при температуре 60 °С.

Одним из достоинств ВОМС является возможность использования при ее изготовлении местных минеральных материалов (песок, слабопрочный известняковый щебень марок 200...300).

По своим физико-механическим свойствам ВОМС занимает промежуточное положение между горячим и холодным асфальтобетоном. Поскольку сформировавшаяся ВОМС обладает повышенной деформативностью, она может работать в дорожной конструкции без образования трещин. С этой точки зрения смесь представляет интерес, с одной стороны, для устройства конструктивных слоев, тормозящих распространение усталостных трещин, а с другой — для устройства покрытий на дорогах III...IV категории, где допустимы остаточные деформации.

Все рассмотренные выше смеси можно готовить на типовых асфальтосмесительных установках циклического действия, оборудованных системой подачи и дозирования воды (рис. 18.1). Поскольку при производстве влажных смесей нагрев минеральных материалов не производится, их подача на грохот осуществляется транспортером, минуя сушильный барабан. При возникновении трудностей с подачей материала из-за переувлажнения после дождей его подогревают в сушильном барабане при температуре 60...80 °С до обеспечения требуемой влажности.

Для распределения смеси применяют асфальтоукладчики, но возможно использование автогрейдера. Лучшее качество уплотнения ВОМС достигается при использовании пневмошинных катков. При температуре воздуха менее 20 °С допустимо применение катков с гладкими металлическими вальцами. После уплотнения слоя сразу же открывают движение транспорта. Формирование слоя покрытия или основания из ВОМС, укладываемого толщиной 4...6 см, зависит от состава смеси, толщины слоя, температуры воздуха, интенсивности и состава движения и составляет 7...30 сут.

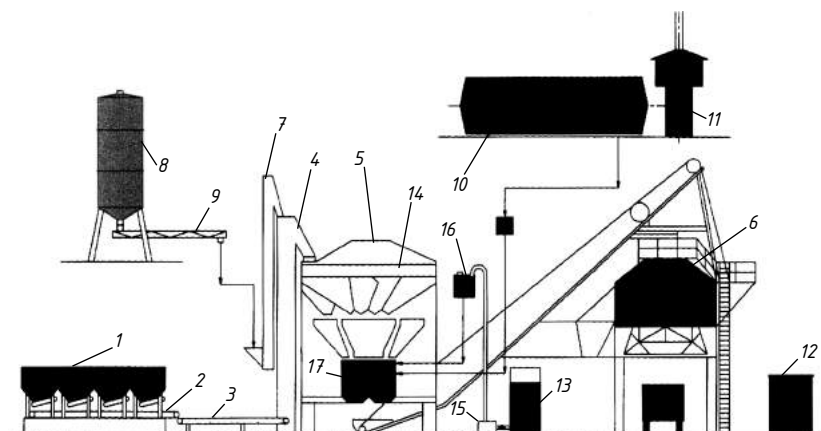


Рис. 18.1. Технологическая схема приготовления ВОМС:

1 — агрегат питания; 2 — сборный транспортер; 3 — горизонтальный транспортер; 4 — элеватор; 5 — бункеры; 6 — бункер готовой смеси; 7 — элеватор минерального порошка; 8 — агрегат минерального порошка; 9 — шнек; 10 — расходная битумная емкость; 11 — нагреватель жидкого теплоносителя; 12 — кабина управления; 13 — расходная емкость для воды; 14 — распределитель; 15 — водяной насос; 16 — дозатор воды; 17 — смеситель

Контроль качества смеси и уложенного слоя, технологии приготовления и укладки смеси осуществляют в соответствии с ТУ 218 РСФСР 536—85 «Смеси органоминеральные влажные для устройства конструктивных слоев дорожных одежд».

Технологии производства и применения холодных влажных органоминеральных смесей являются экологически эффективными, так как практически полностью исключают выброс в атмосферу аэрозолей, содержащих минеральную пыль, различные окислы, канцерогенные углеводороды. За счет исключения энергетических затрат на сушку и нагрев минеральных материалов их экономия составляет около 150...200 МДж/т.

Отмеченные преимущества ВОМС способствовали быстрому их распространению. В настоящее время в России построено более 3000 км покрытий и оснований из подобных смесей. В последние несколько лет благодаря низкой стоимости и технологичности ВОМС наметилась тенденция к их использованию при ремонте выбоин в черных покрытиях. Особенно целесообразно применение этих смесей в период массового образования выбоин в покрытиях ранней весной, при оттепелях в зимнее время, когда покрытие находится во влажном состоянии, а температура его — в пределах +5...–10 °С.

Важной предпосылкой к успешной реализации такой технологии ремонта выбоин является идентичность структур обводненного ремонтируемого черного покрытия и ВОМС. Наличие воды в ремонтируемом покрытии и ВОМС, имеющих одинаковую температуру, способствует более тесному их объединению при уплотнении смеси и обеспечивает хорошее сцепление.

18.5. Комбинированные покрытия

В поисках путей повышения надежности наиболее распространенных покрытий из органоминеральных смесей исследователи в последние годы уделяют большое внимание выбору материалов и конструкций дорожных одежд, обеспечивающих им высокую сдвигоустойчивость, прочность, гибкость, трещиностойкость.

Наблюдения показывают, что покрытия из черного щебня по сравнению с другими типами покрытий обладают повышенной трещиностойкостью и шероховатостью, но не исключают фильтрации воды. Этот недостаток может быть устранен путем обработки слоя из черного щебня композицией, которая обеспечит его водонепроницаемость. Чаще всего для улучшения свойств пористых покрытий используют метод пропитки различными литыми композициями. В научно-технической литературе многих стран подобные покрытия известны под названием комбинированных.

Гибкость таких комбинированных покрытий обусловлена наличием пространственной сетки из обработанных битумом щебенки, образующих в местах контакта пластические шарниры. Повышенная трещиностойкость связана с меньшим температурным расширением черного щебня и способностью к «самозалечиванию» местных разрывов благодаря сохранению пластических свойств битума, находящегося в более толстых пленках по сравнению с плотным асфальтобетоном.

Прочность и монолитность покрытие приобретает по мере формирования структуры материала, заполняющего пустоты в черном щебне. Одно из важных достоинств комбинированного покрытия — возможность регулировать его физико-механические и эксплуатационные свойства путем изменения композиций для пропитки слоя из черного щебня. Это позволяет проектировать и строить дорожную одежду с комбинированным покрытием, обладающим заданными свойствами. Кроме того, используя для пропитки композиции белого цвета, можно

строить светлые покрытия и этим повышать безопасность движения в темное время суток.

При строительстве комбинированных покрытий используют широко известные пропитку или закупорку пористых покрытий различными литыми композициями. Пропитка предполагает заполнение пустот покрытия на глубину не менее половины толщины слоя, а закупорка — глубину до 1 см. Для пропитки черного щебня чаще всего применяют литые композиции на основе цемента и битумной эмульсии.

В некоторых странах при строительстве покрытий на грузонапряженных участках городских и загородных дорог, пересечениях, участках с большими продольными уклонами используют черный щебень с последующей обработкой его модифицированным цементным раствором. В состав раствора для уменьшения его водопотребности и увеличения адгезии к битумной пленке, а также для предотвращения усадочных трещин вводят битумную или поливинилацетатную эмульсию. Такое комбинированное покрытие обладает высокой прочностью и гибкостью. Гибкость покрытие приобретает за счет толстой пленки битума с различными наполнителями (минеральный порошок, каучук), служащей границей раздела между щебнем и цементным камнем и способствующей снижению напряжений в покрытии.

Необходимое внутреннее сцепление и жесткость при высоких положительных температурах покрытие приобретает за счет обработки его модифицированным цементным раствором. Покрытие, укладываемое слоем 5...10 см, бесшовно, обладает высокой сдвигоустойчивостью и хорошими сцепными свойствами. Пропитка покрытия чистым цементным раствором не обеспечивает надежного сцепления раствора с битумной пленкой черного щебня, а высокая хрупкость цементного раствора способствует низкой трещиностойкости покрытия.

Для приготовления раствора используют песок с предельной крупностью зерен 1 мм. Готовят раствор на портландцементе М 400...600. Сроки схватывания цемента согласуют со временем, необходимым для приготовления, транспортирования и розлива раствора на покрытие. Для удлинения срока схватывания цемента в раствор вводят ЛСТ в количестве 0,25...0,5% или кремнийорганическую добавку 0,05...0,1% массы цемента.

Щебень фракций 5...10 или 10...20 мм обрабатывают вязким или жидким битумом в смесительных установках периодического или непрерывного действия и в горячем или холодном виде доставляют к месту укладки автомобилями-самосвалами. Укладывают щебень асфальтоукладчиками и уплотняют пневматическими катками за четыре — шесть

проходов по одному следу. Модифицированный раствор готовят по обычной технологии в смесителях с принудительным или свободным перемешиванием, а также в растворо- и бетономешалках.

Транспортируют раствор к месту укладки в емкостях, оборудованных средствами механического перемешивания раствора для предотвращения его расслаивания. Доставленный раствор распределяют по поверхности черного щебня распределителем из расчета 1...3 л/м² на каждый сантиметр толщины покрытия в зависимости от необходимой глубины пропитки, а затем обрабатывают тремя-четырьмя проходами моторных или ручных виброкатков до тех пор, пока раствор не проникнет на расчетную глубину. Излишки раствора убирают с поверхности, чтобы придать ей необходимые сцепные свойства.

Комбинированные покрытия, устраиваемые путем пропитки или закупорки пористого слоя цементным раствором, несмотря на свои преимущества, из-за их высокой стоимости и большого содержания цемента находят применение на строительстве дорог высоких категорий или в особых условиях движения. Для дорог с малой интенсивностью движения, которые составляют 60...70% общей протяженности дорог в большинстве промышленно развитых стран, при строительстве комбинированных покрытий пропитку в основном осуществляют композициями на основе битумных эмульсий и паст.

Большое разнообразие типов комбинированных покрытий, обеспечиваемое сочетанием щебеночного остова различной остаточной пористости с многообразием композиций для пропитки, позволяет считать эти покрытия универсальными. Целесообразность и эффективность их строительства обуславливаются многими факторами, важнейшие из которых — состав и интенсивность движения, наличие строительных материалов и машин, условия движения на дороге или улице.

Впервые комбинированные покрытия, устраиваемые закупоркой или пропиткой пористых чернощебеночных слоев литыми композициями на анионных эмульсиях, стали применять в Германии и Польше с 1960-х гг. Позднее в этих же странах стали использовать композиции на битумных пастах (эмульсии на порошкообразных эмульгаторах).

В России комбинированные покрытия успешно применяют уже более 30 лет. Активному их внедрению в практику дорожного строительства способствовали положительные результаты исследовательских и опытных работ, проведенных в СоюздорНИИ, а также значительное распространение литых эмульсионно-минеральных смесей на битумных пастах (битумных шламов), которые были использованы в качестве композиции для пропитки черного щебня. При устройстве

покрытия из черного щебня с последующим заполнением пустот битумным шламом методом пропитки используются достоинства чернощебеночных покрытий и в то же время обеспечивается водонепроницаемость.

Комбинированное покрытие отличается от покрытий, устроенных горячим или теплым способом, не только технологией, но и структурой сформировавшегося материала. В черных покрытиях практически весь битум находится в тонких ориентированных пленках, образуя непрерывную фазу. В комбинированном покрытии битумная фаза находится в двух состояниях: в виде толстых пленок, через которые зерна щебня контактируют между собой, и в виде мелких (около 10...70 мкм) капелек, равномерно распределенных среди минеральных частиц в обезвоженном битумном шламе. Свойства указанной системы меняются по мере растекания капель битума и ориентации его молекул на поверхности минеральных частиц. Отмеченные структурные особенности комбинированного покрытия предопределяют его более высокую трещиностойкость.

При выборе технологии введения литой композиции в пустоты чернощебеночного покрытия возможны четыре варианта (рис. 18.2): 1) с заполнением на всю толщину слоя; 2) заполнением верхней части слоя на глубину, равную половине (или больше) толщины слоя; 3) заполнением нижней части слоя; 4) заполнением нижней части слоя и последующей закупоркой с поверхности.

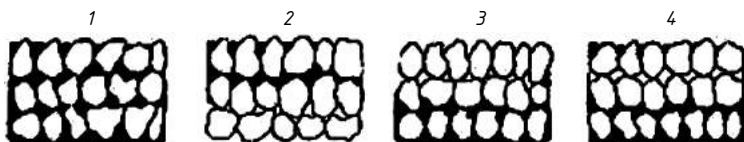


Рис. 18.2. Варианты комбинированного покрытия

Очевидно, что 1-й вариант позволяет получить материал наибольшей прочности и усталостной долговечности, однако он сопряжен с большим расходом битумного шлама и усложнением технологии работ, а следовательно, и с более высокой стоимостью. Варианты 2-й и 3-й, равноценные по стоимости и вкладу в эквивалентный модуль упругости, будут по-разному воспринимать повторные нагружения. Усталостные трещины быстрее появятся в подошве покрытия, устроенного по 2-му варианту.

Недостатком 3-го варианта является доступ атмосферной воды в толщу покрытия и возможная ее фильтрация через неуплотненный

битумный шлам. Кроме того, под действием климатических факторов и движения транспорта могут отрываться и выкрашиваться щебенки с образованием ямочности. Вместе с тем одно из достоинств 3-го варианта — высокие сцепные свойства покрытия даже в условиях обильного увлажнения благодаря хорошему дренажу воды. 4-й вариант хотя и связан с некоторым удорожанием по сравнению с 3-м вариантом, однако лишен недостатка последнего.

Из анализа достоинств и недостатков рассмотренных вариантов следует, что каждый из них может найти применение в определенных условиях. Но в практике дорожного строительства наибольшее распространение получил 2-й вариант, отличающийся экономичностью и простотой технологии.

В результате проведенных в СоюздорНИИ работ были выбраны оптимальные составы черного щебня и битумного шлама, определены расчетные характеристики и основные свойства материала покрытия, разработаны технология устройства комбинированного покрытия и требования к покрытию и литой композиции (битумному шламу).

Комбинированное покрытие можно использовать в качестве слоя усиления существующей дорожной одежды или покрытия на строящихся дорогах III и IV категории во II...V дорожно-климатических зонах. Применение такого покрытия в условиях II дорожно-климатической зоны оправдано его практической водонепроницаемостью и высокой морозостойкостью.

Покрытие можно укладывать на все типы оснований, рекомендуемые для асфальтобетона. Кроме того, благодаря повышенной трещиностойкости его можно использовать на жестких и полужестких основаниях (цементобетон; укатываемый бетон; грунт, укрепленный минеральными вяжущими). Толщина комбинированного покрытия и глубина пропитки назначаются в зависимости от требуемой прочности дорожной одежды. Минимальная толщина покрытия — 5 см, максимальная — 10 см. Оптимальное соотношение между глубиной пропитки и толщиной черного щебня определяется экономическим расчетом.

Работы по устройству покрытия осуществляют при температуре воздуха не ниже 10 °C в сухую погоду. Работать в дождь запрещается ввиду опасности вымывания водой вяжущего, находящегося в битумном шламе в дисперсном состоянии. Заканчивают работы по устройству покрытия за две недели до наступления устойчивых отрицательных температур воздуха.

Для приготовления комбинированного покрытия используют щебень не ниже марки 800 для изверженных и 600 — для осадочных и ме-

таморфических пород размером 10...20 или 15...25 мм. Использование менее прочного щебня может привести к его разрушению от воздействия движущегося транспорта и климатических факторов, что вызовет ухудшение сцепных свойств и снизит коррозионную стойкость покрытия.

Максимальный размер щебня для приготовления комбинированного покрытия следует ограничивать 25 мм, минимальный — 10 мм, так как щебень крупнее 25 мм приводит к возникновению неровностей на покрытии, вызывает большой шум в салоне автомобиля и повышенный износ шин. Применение в покрытии щебня мельче 10 мм значительно ухудшает условия проникания битумного шлама в пустоты слоя из черного щебня. Доля битума, необходимая для обработки щебня, зависит от размера зерен и ориентировочно составляет 1,5...2,5% массы щебня. В качестве структурирующей добавки при изготовлении черного щебня в мешалку добавляют минеральный порошок в количестве 3...5% массы щебня. Черный щебень можно использовать в горячем, теплом или холодном состоянии.

Для пропитки слоя черного щебня используют малопористый битумный шлам, содержащий природный песок размером до 2 мм. Частицы песка крупнее 2 мм ухудшают проникающую способность шлама и способствуют его расслоению по мере проникания в слой черного щебня. Содержание асфальтового вяжущего вещества (АВВ) в 100% сухой смеси назначается в пределах 50...60% ее массы, а коэффициент содержания битума (отношение количества битума в процентах по массе, приходящегося на частицы мельче 0,071 мм, к количеству этих частиц в 100% сухой смеси) $K_1 = 0,6...0,8$. Значения K_1 и АВВ назначают с таким расчетом, чтобы достичь требуемого коэффициента фильтрации комбинированного покрытия. Для придания битумному шламу необходимой текучести в него вводят пластификатор (в виде абиетата натрия или ЛСТ), количество которого составляет 0,03...0,06% массы шлама.

Ориентировочное содержание компонентов в шламе, используемом для пропитки черного щебня: песок — 36...25%, битум — 15...17%, минеральный порошок с известью — 25...30%, вода — 24...28%.

Технология устройства комбинированного покрытия включает укладку слоя из черного щебня асфальто- или щебнеукладчиком, уплотнение его легким пневмокатком за два-три прохода по одному следу и распределение битумного шлама по поверхности покрытия с помощью навесного распределителя к пасторастворовозу. Пластифицированный битумный шлам обеспечивает глубину пропитки

до 4 см. Для пропитки на глубину до 6 см поверхность покрытия из черного щебня перед розливом шлама обрабатывают с помощью поливомоечной машины 2...5%-ным водным раствором смачивателя класса алкилсульфатов или опанолов (моющие средства) в количестве 0,5...2,0 л/м².

Расход битумного шлама зависит от глубины пропитки и составляет 20...40 кг/м². Его регулируют скоростью передвижения пастораствороза и величиной выходной щели распределителя.

Движение автомобилей по готовому участку может быть открыто, когда при пробном пропуске смесь не прилипает к протектору автомобилей. В зависимости от погодных условий этот момент наступает спустя 1...3 ч после завершения строительных работ. При движении автомобилей шлам, находящийся в пустотах щебеночного остова, уплотняется, а шероховатость поверхности при этом сохраняется за счет выступающих острых ребер черного щебня (рис. 18.3)

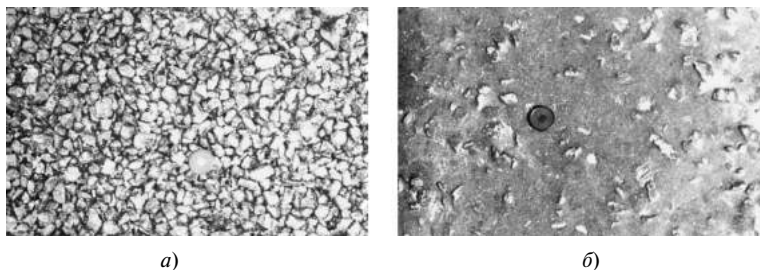


Рис. 18.3. Поверхность комбинированного покрытия:

а — перед пропиткой битумным шламом; *б* — через два дня после пропитки

К настоящему времени во многих регионах России построено около 1000 км комбинированных покрытий. Результаты обследований подтвердили хорошие сцепные свойства и практическую водонепроницаемость комбинированного покрытия, а также выявили важную способность к затягиванию трещин в теплое время года, образующихся осенью и зимой.

18.6. Брусчатые, мозаичные и клинкерные мостовые

Мостовыми называют покрытия, построенные из отдельных штучных материалов (брусчатки, шашки, плит, блоков) геометрически пра-

вильной формы, укладываемых на основание вплотную друг к другу. Эти мостовые отличаются от булыжных и осколочных правильной формой, одинаковыми размерами штучных материалов и лучшими эксплуатационными показателями (по ровности, удобству для движения, срокам службы), позволяющими осуществлять по ним движение грузовых автомобилей повышенной грузоподъемности.

Мостовые можно устраивать из различных штучных материалов, получаемых из естественных изверженных или литых горных пород, а также путем термической обработки глинистого сырья. Можно использовать также плиты и блоки из цементно- и асфальтобетонных смесей.

Мостовые из естественных каменных материалов отличаются большими сроками службы, наименьшей приведенной стоимостью, способностью выдерживать самое интенсивное и тяжелое движение, поэтому их применяют на наиболее нагруженных дорогах, на подъездах к городам, крупным промышленным предприятиям. Мостовые брусчатые и из цементобетонных блоков укладывают в зимний период на участках с неустойчивым земляным полотном, на болотах, на высоких насыпях, в местах прокладки подземных сооружений, на которых во время эксплуатации возможна длительная и неравномерная осадка грунта. При таких осадках материал мостовой не разрушается и можно периодически восстанавливать поперечный и продольный профили, а также ровность путем перекладки штучных материалов.

Брусчатые мостовые являются наиболее прочным типом дорожных одежд, применяемым на дорогах и улицах с самым тяжелым и интенсивным движением. Но из-за сложной технологии изготовления и ручной укладки штучные материалы в настоящее время почти не применяются.

Бруски имеют длину 15...25 см, ширину 9...15 см и высоту 10...16 см. Брусчатый камень, отливаемый из литых металлургических шлаков или литых горных пород, имеет геометрические размеры, приведенные в табл. 18.7.

Таблица 18.7

Геометрические размеры брусчатого камня

Камень	Длина верхней грани, мм	Ширина верхней грани, мм	Высота, мм
БВ	250	125	160
БС	250	125	130
БН	200	100	100

Морозостойкость брусчатых камней должна быть не менее Мрз 100, а прочность — более 100 МПа для камней из изверженных горных пород и более 120 МПа — для камней из литых пород. Верхние грани камней должны иметь шероховатую поверхность, обеспечивающую коэффициент сцепления шин с поверхностью покрытия, равный 0,5...0,55.

Брусчатые мостовые мостят преимущественно на песчаном основании из самой высокой брусчатки (рис. 18.4, а). На каменных основаниях (щебеночном, гравийном) мостят из средней по высоте брусчатки, на бетонных основаниях — из самой низкой брусчатки (см. рис. 18.4, б).

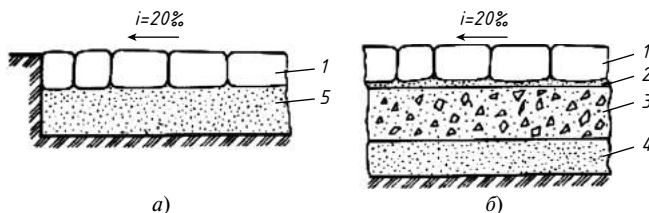


Рис. 18.4. Конструкции брусчатых мостовых:

1 — брусчатка; 2 — выравнивающий слой 2...3 см; 3 — щебеночное основание 15...20 см; 4 — песчаный дополнительный слой основания 10...15 см; 5 — песчаное основание 20...40 см

При мощении мостовой на каменном или бетонном основании предварительно по основанию распределяют слой песка толщиной 3...4 см для образования выравнивающего слоя. Мостят поперечными рядами и рядами под углом 45° к оси дороги (рис. 18.5).



Рис. 18.5. Расположение брусчатки в плане

В каждом ряду бруска должны быть примерно одной ширины для образования правильных рядов. При укладке каждого последующего ряда соблюдают обязательную перевязку швов, чтобы не было продольных совпадений швов в соседних рядах. Мощение начинают с подготовки основания, придавая ему нужный поперечный профиль. К подготовленному основанию подвозят брусчатку и складывают ее штабелями на обочинах или на краю уже построенной мостовой, отбирают с помощью деревянной мерки бруска одинаковой ширины

для укладки в один ряд. Для соблюдения ровности рядов пользуются рейками или натянутым шнуром.

Законченный участок мостовой уплотняют ручными механическими трамбовками или самоходными катками. Затем швы заполняют песком или песком с добавкой цемента. Швы можно заполнять также битумом или смесью битума с минеральным порошком.

Мозаичные мостовые мостят из шашки, представляющей куски камня, грубоколотые механическим путем из горных пород, по форме приближающейся к кубу (размеры сторон — 7...11 см).

Благодаря меньшим размерам шашки по сравнению с брусчаткой, более легкой работе по мощению и применению механической колки камня, а в соответствии с этим и меньшей стоимости мозаичные мостовые экономичнее брусчатых и получили более широкое применение на дорогах Западной Европы. Для мозаичных мостовых применяют каменные или бетонные основания, чтобы прочностью основания компенсировать меньшую высоту шашки. Поверх основания, так же как и при брусчатых мостовых, располагают выравнивающий слой из песка или песка в смеси с цементом. Мозаичные мостовые по прочности и срокам службы не уступают брусчатым, имеют более ровную шероховатую поверхность. Мозаичную шашку укладывают почти исключительно дугами, выпуклость которых направлена навстречу движению. Существует несколько способов мощения по дугам; из них более простой и распространенный — сопряжение двух смежных дуг одной общей шашкой. Для соблюдения контура дуг при мощении пользуются шаблоном.

Способы строительства мозаичных мостовых, уплотнения и заполнения швов аналогичны способам, применяемым для брусчатых мостовых.

Мозаичные мостовые отличаются большой декоративностью, для этого используют шашки из горных пород различного цвета, которыми мостят площади в городах различными узорами, придавая им монументальность и архитектурное сочетание площадки с окружающими ее зданиями.

Клинкер — это кирпич для мощения мостовых, получаемый из специальных глин и глинистых сланцев путем обжига до полного спекания, но без плавления и образования стекловидной поверхности.

Клинкер должен иметь длину 220 и ширину 110 мм; по толщине он бывает двух размеров — 65 и 75 мм. Клинкер толщиной 65 мм предназначен для установки на ребро, а толщиной 75 мм — для укладки плашмя.

Наиболее распространена укладка клинкера поперечными рядами. Для мощения клинкером созданы передвижные ручные укладчики, облегчающие работу и нашедшие применение в городах. Клинкер недостаточной прочности предпочтительно укладывать косыми рядами, в продольную и поперечную елку. Независимо от способа укладки в плане вдоль мостовой для ее укрепления прокладывают два-три продольных ряда клинкера.

Строительство клинкерных мостовых экономично в районах, где нет местных каменных материалов и в то же время имеются месторождения глин и глинистых сланцев, пригодных для изготовления клинкера.

Мостовые из асфальто- и цементобетонных плит. Асфальтобетонные плиты изготавливают из горячих асфальтобетонных смесей на вязких битумах путем прессования и вибропрессования. Состав смесей подбирают так же, как и для асфальтобетонных покрытий. Плиты применяют длиной до 250 мм, шириной до 120 мм и толщиной 50...80 мм. Для мостовых из асфальтобетонных плит применяют каменные и бетонные основания. На песчаное основание плиты укладывают только для пешеходных и велосипедных дорожек. Для выравнивания основания рассыпают тонкий слой песка или высевок, обработанных битумом, или разливают горячий битум. Асфальтобетонные плиты укладывают плашмя поперечными рядами к оси мостовой с перевязкой швов. Уложенные плиты прикатывают легкими самоходными катками, швы заполняют горячим битумом. Под движением швы между плитами постепенно закатываются.

Асфальтобетонные плиты применяют при небольших объемах работ, при работах, выполняемых зимой, а также для устройства покрытий в местах, где трудно применять самоходные катки или для дорожек сложного поперечного профиля.

Плиты бетонные тротуарные изготавливаются из мелкозернистого бетона по ГОСТ 26633—91 и используются для устройства сборных покрытий тротуаров, пешеходных дорожек, площадей и площадок общественного транспорта. В плане плиты толщиной 5...10 см имеют квадратную, прямоугольную, шестигранную и фигурную форму.

Изготавливают плиты из бетонной смеси марки не менее 300 с морозостойкостью не менее Мрз 100, с уплотнением вибропрессованием.

Для мостовых из цементобетонных плит применяют песчаные и каменные основания. На каменном основании укладывают песчаный или песчано-цементный (1 : 10) выравнивающий слой толщиной 2...3 см. Плиты укладывают с соблюдением перевязки швов, которые заполняют битумной мастикой или цементным раствором.

ГЛАВА 19. СТРОИТЕЛЬСТВО АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

19.1. Конструкции дорожных одежд и условия работы асфальтобетонных покрытий

Покрытия автомобильных дорог воспринимают нагрузки непосредственно от движущегося транспорта, перепада температур, атмосферных воздействий и агрессивных факторов окружающей среды. Срок службы всей дорожной конструкции в значительной степени определяется такими свойствами покрытий, как ровность, водонепроницаемость, коррозионная стойкость, устойчивость к сдвиговым деформациям и образованию трещин. Безопасность движения в значительной степени зависит от качества сцепления колеса автомобиля с покрытием. Одним из наиболее распространенных видов покрытий усовершенствованного типа в настоящее время является асфальтобетонное покрытие.

Первые дороги с асфальтовым покрытием начали строить в конце XIX в. из смесей природных битумов с каменным материалом или из измельченных битуминозных пород, которые после укладки в слой уплотняли путем трамбовки. По способу уплотнения материал называли «трамбованный асфальт». В России в начале XX в. применяли другую технологию. Содержащие битум породы варили в котлах (6 ч) с добавкой мраморной муки, затем горячую асфальтовую смесь выливали на подготовленное основание и разравнивали. Уплотнение слоя не требовалось. Такой материал называли «литой асфальт».

По мере развития процессов переработки нефти весь мир перешел на применение в асфальтобетоне нефтяных битумов. В наши дни природные битумы используют в качестве модифицирующих добавок в нефтяной битум или как местный материал.

Асфальтобетонные покрытия имеют целый ряд преимуществ перед другими видами покрытий, среди которых следует особо отметить высокую износостойкость, низкий уровень шума и пыли, высокую технологичность, простоту ремонта, повышенную комфортность движения транспорта.

Современные технологии приготовления асфальтобетонных смесей предусматривают отдельный нагрев каменных материалов (песка, щебня) и нефтяного битума с последующим их перемешивани-

ем совместно с минеральным порошком, поверхностно-активными веществами, добавками специального назначения, модификаторами. Асфальтобетонные смеси I...II марок для устройства верхних слоев покрытий можно получить только в установках принудительного перемешивания циклического действия.

По технологическим свойствам все асфальтобетонные смеси подразделяют на следующие виды: жесткие, пластичные и литые.

По температуре производства и укладки действующий ГОСТ 9128—2009 выделяет две группы асфальтобетонных смесей: горячие и холодные. Горячие асфальтобетонные смеси готовят на вязком битуме при температуре выше 150 °С и укладывают в слои при температуре не ниже 120 °С.

Холодные асфальтобетонные смеси готовят на жидком битуме при температуре компонентов 70...120 °С. Эти смеси хранят в штабелях (до полугода) и укладывают в слои без нагрева при температуре окружающей среды не ниже 5 °С. Область применения асфальтобетонных смесей зависит от погодных-климатических условий района строительства и категории дороги.

В районах с умеренным и жарким климатом, характерным для II—V дорожно-климатических зон, асфальтобетонные слои принято строить из горячих жестких или пластичных асфальтобетонных смесей.

В районах с холодным климатом (I зона) и на дорогах низших категорий с малой интенсивностью движения могут быть использованы холодные асфальтобетонные смеси, приготавливаемые на жидких битумах.

Для устройства покрытий дорог применяют щебенистые смеси типов А, Б, и В, песчаные смеси типа Г, приготовленные на смеси дробленого и природного песков (без щебня). Выбор типа смеси зависит от состава транспортного потока, интенсивности и скорости движения.

Песчаные смеси типа Д применяют в местах, предназначенных под ручную уборку от снега (на посадочных площадках, тротуарах), в отдельных случаях допускается их применение для благоустройства территорий или при ручной укладке смесей. Этот тип смеси является неустойчивым к сдвигу. На поверхности слоя из песчаных смесей возникают сдвиговые пластические деформации даже при случайном (единичном) торможении или ускорении.

В верхних слоях покрытий на дорогах высших категорий допускается применять только плотные и высокоплотные мелкозер-

нистые асфальтобетонные смеси марок I или II. В нижних слоях — крупнозернистые или мелкозернистые плотные, пористые или высокопористые асфальтобетоны марок I...III. Пористые и высокопористые смеси могут быть использованы только в нижних слоях покрытий на дорогах III категории и ниже или в основаниях дорожных одежд. В осенне-зимний период пористые слои могут быть разрушены вследствие их низкой водо- и морозостойкости, поэтому их нельзя оставлять в зиму без перекрытия плотным асфальтобетоном.

На рисунке 19.1 показаны конструкции дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями.

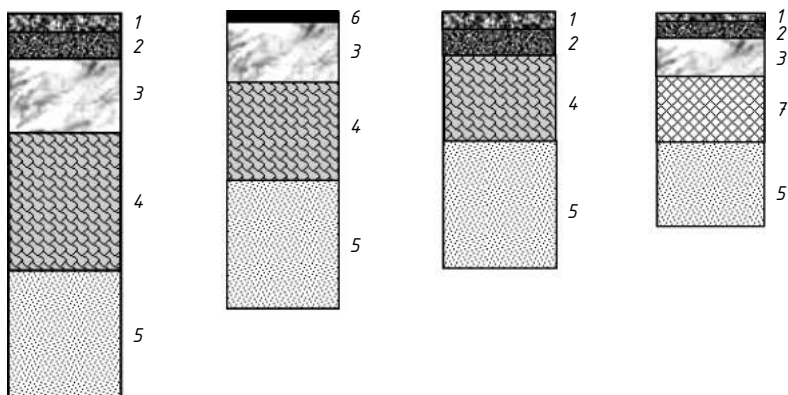


Рис. 19.1. Конструкции дорожных одежд:

- 1 — верхний слой покрытия из мелкозернистого плотного асфальтобетона;
- 2 — нижний слой покрытия (из асфальтобетона);
- 3 — верхний слой основания (из пористого или высокопористого асфальтобетона); 4 — нижний слой основания из щебня или гравия;
- 5 — дополнительный (дренирующий) слой основания из песка;
- 6 — слой износа из литых эмульсионно-минеральных смесей или поверхностная обработка;
- 7 — основание из бетона, тощего бетона или из грунта, укрепленного цементом

Современные конструкции дорожных одежд позволяют использовать асфальтобетонные покрытия в дорожных одеждах как нежесткого, так и жесткого типа. В конструкциях дорожных одежд слои из асфальтобетона могут служить покрытием или основанием, слоями усиления или выравнивающими слоями. Срок службы покрытий зависит не только от качества асфальтобетона, но и от конструкции дорожной одежды, состава транспортного потока, интенсивности и скорости движения.

На основаниях из бетона в асфальтобетонных покрытиях появляются трещины из-за теплофизической несовместимости материалов покрытия и основания.

Для предотвращения образования отраженных и температурных трещин суммарная толщина черных слоев на жестком основании должна быть не менее 18 см для капитального и не менее 12 см для облегченного типа дорожных одежд.

Конструкции дорожных одежд постоянно совершенствуются, становятся более мощными по мере увеличения нагрузок и интенсивности движения транспорта.

На дорогах I и II категории верхние слои основания устраивают из пористого или высокопористого асфальтобетона, а нижние слои — из щебня или грунта, укрепленных органическими или минеральными вяжущими. Основание должно быть ровным, а его уклоны поперечные — соответствовать уклонам покрытия.

Асфальтобетонное покрытие представляет собой верхнюю часть конструкции дорожной одежды, состоящую из одного или нескольких слоев постоянной толщины, укладываемых на подготовленное дорожное основание. Покрытие предназначено непосредственно для пропуска транспорта. Оно воспринимает весь комплекс нагрузок от движущегося или стоящего транспорта и все погодно-климатические воздействия. Верхний слой отвечает за сцепление колеса автомобиля с дорогой, ровность, водонепроницаемость и другие транспортно-эксплуатационные качества, обеспечивающие движение транспорта с расчетной скоростью без аварий. Если асфальтобетонное покрытие (постоянной толщины) укладывают на основание, не отвечающее требованиям ровности, то вновь уложенный слой повторяет все неровности нижнего слоя (рис. 19.2). Чаще всего покрытия имеют два слоя. В верхних слоях асфальтобетонных покрытий следует применять многощебенистые, жесткие, плотные или высокоплотные модифицированные асфальтобетонные смеси. Нижние слои строят в большинстве случаев из высокотехнологичных асфальтобетонов.

В современных конструкциях дорожных одежд асфальтобетонные смеси применяют не только в слоях покрытия, но и в верхних слоях основания.

Асфальтобетонное основание — это слой дорожной одежды, укладываемый на основание и предназначенный для укладки поверх него слоев асфальтобетонного покрытия. Оно должно иметь хорошее сцепление как с покрытием, так и с нижележащим слоем основания, заданную ровность и прочность. Его задача — перераспределить нагрузки между слоями дорожной одежды.



Тун А



Тун Б



Тун В

Рис. 19.2. Типы асфальтобетонных покрытий:

А — асфальтобетонный слой постоянной толщины повторяет все неровности нижележащего слоя: 1 — слой основания; 2 — слой покрытия постоянной толщины; Б — выравнивающий (3) уложен с заданной ровностью, исправляет имеющиеся в нижележащем слое неровности; В — двухслойное асфальтобетонное покрытие; нижний слой уложен с заданной ровностью, верхний слой (4) имеет одинаковую толщину

Асфальтобетонные слои усиления дорожной одежды устраивают главным образом при капитальном ремонте автомобильной дороги на отдельных ослабленных участках. Толщину слоя назначают с учетом несущей способности дорожной конструкции на конкретном участке (минимальная толщина слоя усиления — 6 см).

Выравнивающие слои устраивают в целях повышения ровности основания или старой дорожной одежды. Современные системы контроля уровня (на асфальтоукладчиках) позволяют регулировать толщину слоя для обеспечения требуемых поперечных и продольных уклонов, а также высотных отметок. Минимальная толщина слоя из мелкозернистой смеси составляет 3 см. Выравнивающий слой укладывают путем распределения мелкозернистой асфальтобетонной смеси (чаще

всего тип «Б») по струне, визирному лучу или сканирующему устройству с заданной ровностью с последующим уплотнением. Поверх выравнивающего слоя укладывают одно- или двухслойное покрытие.

В тех случаях, когда слой дорожной одежды, подготовленный под укладку покрытия, имеет незначительные отклонения от установленных норм по ровности, укладка выравнивающих слоев не требуется. Ровность можно исправить укладкой нижнего слоя покрытия по копирной струне (см. рис. 19.2, тип «В»). Верхний слой покрытия в обязательном порядке должен иметь постоянную толщину.

Толщина однослойного асфальтобетонного покрытия обычно составляет 4...6 см. При необходимости устройства покрытия большей толщины укладывают два-три слоя. При этом уплотняют каждый из слоев до требуемой плотности. Толщину верхнего слоя покрытия обычно назначают в пределах 3...5 см, а толщина каждого из нижележащих слоев асфальтобетонного покрытия составляет 4...8 см.

Возможна укладка как толстых (толщиной 9...20 см), так и тонких (толщиной 1,5...2,5 см) асфальтобетонных слоев. Тонкослойные покрытия устраивают обычно из асфальтобетонных смесей специального назначения.

Тонкие слои покрытия отвечают за транспортно-эксплуатационные свойства дорог. К основным транспортно-эксплуатационным свойствам можно отнести: цвет и текстуру поверхности; светоотражающую и дренирующие способности; шероховатость покрытия; износостойкость, коррозионную стойкость, устойчивость к сдвигу, сцепление покрытия с колесом автомобиля, водонепроницаемость, ровность.

При стадийном строительстве автомобильных дорог нижний слой покрытий устраивают, как правило, из плотного крупнозернистого асфальтобетона.

Качество и срок службы асфальтобетонных покрытий в значительной степени определяются:

- свойствами исходных материалов;
- соотношением компонентов в смеси;
- однородностью слоя;
- структурой слоя (плотность, пористость и др.).

Битум должен иметь хорошее сцепление с минеральным материалом.

Карбонатный порошок в составе асфальтобетона способствует замедлению процессов старения битума и улучшает сцепление битума с поверхностью каменного материала за счет протекания в смеси реакций абсорбции и хемосорбции на поверхности раздела фаз (битум (карбонат)) с образованием нерастворимых в воде пленок каль-

циевых мыл. При этом повышается водо- и коррозионная стойкость асфальтобетона, а следовательно, и срок службы покрытия.

Замена карбонатного порошка другим (из кислых пород) приводит к снижению срока службы покрытий (рис. 19.3).

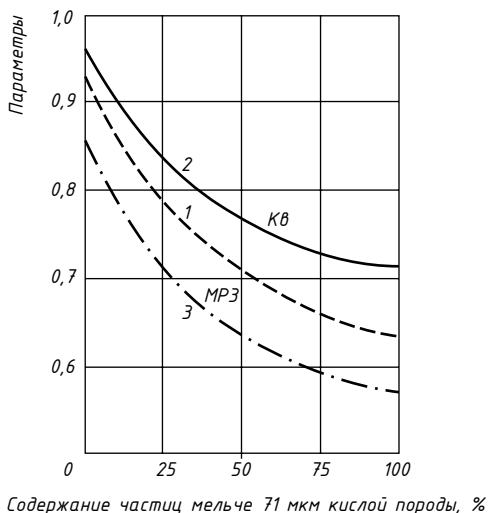


Рис. 19.3. Влияние порошка из кислых пород (пыли камнедробления) на длительную водо- и морозостойкость асфальтобетона:
1 — длительная водостойкость; 2 — водостойкость асфальтобетона; 3 — морозостойкость асфальтобетона

Компенсировать снижение качества покрытий при замене порошка из карбонатных пород на порошки кислых пород можно только за счет введения в асфальтобетонную смесь дорогостоящих и дефицитных катионных ПАВ.

Развитие технологии строительства асфальтобетонных слоев шло в двух направлениях:

- 1) интенсификации технологического процесса;
- 2) разработки новых асфальтобетонных смесей.

Интенсификация процесса строительства асфальтобетонных слоев привела к созданию нового поколения техники (машин, механизмов) для производства, транспортирования, распределения и уплотнения асфальтобетонных смесей, а процесс разработки новых смесей привел к созданию большой группы модифицированных асфальтобетонов. Новые материалы требуют внесения изменений в технологический процесс производства и укладки смесей.

Высокоплотные асфальтобетоны по ГОСТ 9128—2009 предназначены для укладки в верхний слой дорожных покрытий дорог высоких категорий. По структуре, составу и свойствам они занимают промежуточное положение между уплотняемыми и литыми асфальтобетонными смесями.

Технологическим преимуществом таких смесей является то, что, приближаясь по свойствам к литым, они не требуют специального оборудования для приготовления, транспортирования и укладки, их производят и укладывают на дороге стандартным комплектом машин. Температура высокоплотных смесей при укладке в покрытие должна быть не менее 180 °С. Эти смеси после укладки только прикатываются катками массой 7...9 т.

19.2. Модифицированные асфальтобетоны

Модификаторы — это добавки, изменяющие физико-механические свойства и структуру асфальтобетона в нужном направлении.

Важнейшими показателями качества асфальтобетона, ответственными за срок службы покрытия, являются:

- водо- и коррозионная стойкость (способность противостоять разрушающему действию воды и противогололедных реагентов);
- температурная устойчивость, сдвиго- и трещиностойкость;
- прочность (модуль упругости) асфальтобетона.

Коррозионную стойкость можно повысить за счет формирования в асфальтобетоне нерастворимых в воде битумных пленок на каждом минеральном зерне. Это возможно вследствие реакции хемосорбции на границе раздела фаз «битум» — «каменный материал». Достигается при использовании карбонатных порошков, катионных ПАВ и строгом соблюдении оптимальных технологических режимов на всех этапах формирования слоя.

Асфальтобетон — это термопластичный материал, который изменяет свои свойства от пластичных (при высоких температурах) до хрупких (при низких температурах). Температурная устойчивость характеризует способность асфальтобетона противостоять температурным перепадам, сдвиговым деформациям и образованию трещин. Самыми простыми и легковоспроизводимыми показателями температурной устойчивости являются значения предела прочности на сжатие асфальтобетона при температурах +50, +20 и 0 °С. В соответствии с требованиями ГОСТ 9128—2009 минимальное значение этого показателя

при $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (R_{50}) не менее 0,9 МПа (характеризует способность асфальтобетона противостоять сдвиговым деформациям), а максимальное — не более 12 МПа при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (R_0) (при более высокой прочности асфальтобетон становится хрупким, неустойчивым к образованию трещин). Температурную стойкость асфальтобетона характеризуют коэффициентом температурной устойчивости (K_T):

$$(R_0)/R_{50} = K_T.$$

Интервал температур, в котором асфальтобетонный слой может работать без разрушений, получил название «интервал работоспособности». Его можно охарактеризовать изменением интервала температур между температурой размягчения ($K_{иШ}$) и температурой хрупкости ($T_{хр}$) битума и модифицированной битумной композиции (рис. 19.4). Чем шире этот интервал, тем выше температурная устойчивость асфальтобетонного слоя, трещиностойкость и сдвигоустойчивость.

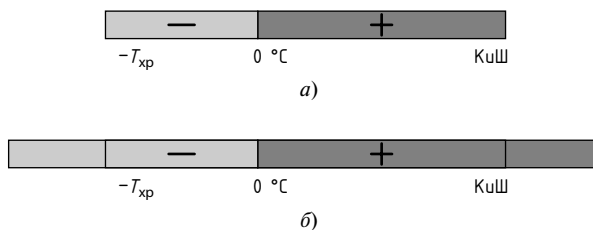


Рис. 19.4. Интервал работоспособности:

a — нефтяного битума; *б* — модифицированной битумной композиции

В целях повышения сроков службы асфальтобетонных покрытий разработаны специальные композиционные вяжущие. Широко известна во всем мире композиция из нефтяного битума с добавкой природного тринидадского асфальта (природный битум, наполненный вулканическим пеплом). Эту композицию следует считать эталоном асфальтовяжущего. На современном этапе развития науки разработан целый ряд аналогов этого вяжущего, среди которых следует выделить полимерно-битумные, битумно-каучуковые композиции, резинобитумные вяжущие, композиции битума с серой и др. Асфальтобетоны с целенаправленным изменением свойств называют модифицированными асфальтобетонами. Выбор состава асфальтобетона, требования к применяемым компонентам зависят от категории дороги и природно-климатических условий района строительства. Ниже приведены наиболее часто применяемые в верхних слоях покрытий модифицированные асфальтобетонные смеси.

Асфальтобетонные смеси с добавками поверхностно-активных веществ, адгезионных битумных присадок и активаторов применяют в целях повышения коррозионной стойкости и продления сроков службы асфальтобетонных покрытий, увеличения пластичности (технологичности) асфальтобетонных смесей на всех этапах технологического процесса. В настоящее время известны добавки ПАВ следующего действия: катионные, анионные и неионогенные.

Изменяя порядок введения в смеситель компонентов асфальтобетонной смеси и ПАВ, можно ускорить или замедлить формирование микроструктурных связей. Чаще всего ПАВ вводят в битум, но возможно также введение на поверхность каменного материала или в асфальтобетонную смесь на различных стадиях перемешивания. ПАВ улучшает смачивание щебня битумом, снижает поверхностное натяжение и облегчает перемешивание, а в ряде случаев и уплотнение асфальтобетона.

Добавки ПАВ и активаторов улучшают сцепление битума с поверхностью песка и щебня в асфальтобетонной смеси. ПАВ вводят в битум или на поверхность каменных материалов в количестве 0,5...5% массы битума. Применение ПАВ катионного типа, получаемых на основе соединений, содержащих амины, улучшает сцепление битума с поверхностью щебня и песка как кислых, так и основных пород.

Эффективность применения анионных и неионогенных ПАВ значительно ниже катионных. В качестве ПАВ возможно также применение смол твердых топлив (например, каменноугольных или сланцевых смол), извести и др.

Асфальтобетонные смеси на полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) приготавливают в целях расширения интервала работоспособности асфальтобетонных покрытий. Это обеспечивает более высокую усталостную долговечность покрытий, их большую устойчивость к образованию пластических деформаций (сдвигов, колёй и т.д.) при высоких и низких эксплуатационных температурах.

В качестве добавок могут быть использованы различные виды полимеров, а также синтетические или натуральные каучуки, эластомеры, термоэластопласты (полиэтилен, поливинилхлорид, полипропилен). Наиболее широко известно применение термопластичных блок-сополимеров типа стирол — бутадиен — стирол (СБС) или дивинил-стирольный термоэластопласт (ДСТ). Полимер вводят в виде гранул, крошки или специально приготовленного раствора в битум. Применение ПБВ должно обеспечивать продление сроков службы асфальтобетонных покрытий не менее чем в 2 раза, в противном случае

его применение экономически нецелесообразно. Отдельно следует отметить положительный опыт использования ПБВ в высокоплотных асфальтобетонах.

Для получения оптимальной структуры модифицированного битума целесообразно применять парные модификаторы. Такая комплексная добавка состоит из не менее чем двух полимеров, оказывающих действие как на асфальтены (твердую фазу битума), так и на жидкую среду (масла и смолы).

Опыт применения парных модификаторов в асфальтобетонных смесях пока носит экспериментальный характер. Широко известны *асфальтобетоны с добавками дробленой резины*. Дробленая резина представляет собой измельченные техногенные продукты, содержащие каучук с наполнителями. Стоимость ее значительно ниже синтетических полимеров и каучуков, которые используют в ПБВ. При введении дробленой резины в смеситель (при производстве асфальтобетонной смеси) частицы резины впитывают часть масляных компонентов битума, повышая его вязкость. Это сопровождается повышением устойчивости асфальтобетона к сдвиговым деформациям и образованию трещин. Особо следует отметить эффективность применения модификатора асфальтобетона «Унирем», который представляет собой высокоактивную, тонкоизмельченную резиновую крошку с размером частиц от 10^{-6} до 10^{-4} мм и может быть использован взамен волокнистых наполнителей, предотвращая стекание битума.

Асфальтобетоны с добавками волокнистых наполнителей позволяют получить армированные слои покрытия повышенной устойчивости к сдвигу и образованию трещин. Армирующие волокна могут быть представлены природными или синтетическими минеральными материалами (в том числе асбестовое волокно, стекловолокно, базальтовые волокна и пр.), полимерами, целлюлозными и другими видами волокон, обеспечивающими повышение прочности и деформативности асфальтобетонного покрытия. Добавка в асфальтобетонную смесь волокнистых наполнителей в количестве 0,35...0,40% по массе требует корректировки состава асфальтовяжущего (битум + минеральный порошок) и минерального остова смеси.

Асфальтобетонные смеси с добавками серы применяют в целях повышения устойчивости покрытий к сдвиговым деформациям при высоких температурах. Сера легко объединяется с битумом и является как бы пластификатором асфальтобетонной смеси в диапазоне технологических температур 150...120 °С (температура

плавления серы — 119 °С). При температуре ниже 120 °С сера значительно повышает жесткость смеси, которая становится нетехнологичной, утрачивает удобоукладываемость и уплотняемость. Все технологические операции должны быть завершены при температуре смеси не менее 120 °С. Серу можно вводить либо в битум в целях получения серно-битумного вяжущего, либо непосредственно в мешалку.

Максимальная температура нагрева серно-битумного вяжущего не должна превышать 150 °С во избежание интенсивного выделения летучих сернистых соединений. Серу вводят в смесь после перемешивания минеральных материалов с битумом, поэтому общее время перемешивания увеличивается на 30...45 с.

Применение асфальтобетонных смесей на основе серно-битумных вяжущих позволяет не только снизить их стоимость и затраты на уплотнение в процессе строительства, но и обеспечить экономию до 20% нефтяного битума.

Область применения этого материала ограничена из-за необходимости точного соблюдения температурного режима на всех технологических этапах строительства покрытий.

Известен опыт *применения в асфальтобетоне местных материалов и техногенных продуктов*: шлаков, золы-уноса; разнообразных отходов нефтеперерабатывающей промышленности, коксохимических и лесохимических производств; искусственных каменных материалов (керамзита, аглопорита и др.); щебня, получаемого дроблением битумосодержащих пород; дробленого цементобетона. Использование таких материалов возможно при соблюдении всех требований к качеству асфальтобетонного покрытия.

Асфальтобетонные смеси с добавкой старого асфальтобетона применяются в целях снижения стоимости приготовления смесей и сокращения расхода материалов. К переработке допускается старый асфальтобетон из щебеночных или песчаных смесей, складированный раздельно по указанным типам.

Готовая асфальтобетонная смесь должна содержать не более 30% по массе старого асфальта. Асфальтобетонные смеси с добавками старого асфальтобетона используют для устройства нижнего слоя двухслойного асфальтобетонного покрытия, в слоях основания, усиления, выравнивающих слоях.

Литой асфальтобетон является разновидностью горячих плотных асфальтобетонов. Литая смесь состоит из песка, щебня и асфальтоважущего (смеси тугоплавких битумов с минеральным порошком). Ли-

тые асфальтобетонные смеси подразделяются на пять типов: тип I... III — для нового строительства; тип IV — для строительства тротуаров, V — для текущего ремонта. Транспортирование готовой смеси к месту производства работ осуществляется в специальных самоходных установках с котлом-термосом или бункером, оборудованных обогревом и мешалкой.

Укладывают такие смеси по литевой технологии без уплотнения при температуре 180...240 °С и температуре окружающей среды не ниже –10 °С. Перед устройством покрытий необходимо устанавливать упорные деревянные брусья в продольном направлении для предотвращения растекания смеси. После охлаждения слоя до температуры 70...75 °С упорные брусья переставляют на новый участок.

Литой асфальт имеет практически нулевую пористость и водонасыщение, что обеспечивает высокую водостойкость и усталостную долговечность покрытий. Для обеспечения требуемой шероховатости в свежеложенный горячий слой литого асфальта втапливают черный щебень.

Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси (ЩМАС) созданы специально для устройства верхних слоев покрытия и слоев износа. Их отличительная особенность в том, что в смеси отсутствует природный песок. Зерна щебня и крупные фракции дробленого песка удерживает в слое асфальтовая мастика. ЩМАС готовят в соответствии с ГОСТ 310150—2002. Содержание кубовидного высокопрочного щебня составляет 70...80% по массе.

Щебеночно-мастичные асфальтобетонные смеси в зависимости от крупности зерен применяемого щебня подразделяются на марки ЩМА-20, ЩМА-15 и ЩМА-10. В состав ЩМАС вводят стабилизирующие (волокистые или полимерные) добавки с целью исключить стекание вяжущего при хранении в накопительных бункерах и транспортировании смеси. Наиболее известными добавками являются целлюлозные волокна, в том числе гранулированные (TOPCEL, TECHNOCCEL 1004, VIATOR 66, ITERFIBRA, ARBOCEL); акриловые волокна (DOLANIT); специальные полимеры «Унирем» и другие материалы, обеспечивающие требования ГОСТа по показателю стекания битума. Волокистые наполнители могут выпускаться в виде гранул или распущенных волокон. Средний расход добавки составляет 3...4,5 кг на 1 т смеси.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон обеспечивает покрытию повышенную водостойкость, шероховатость и сдвигоустойчивость.

19.3. Обоснование технологических режимов формирования структуры асфальтобетонного покрытия с заданными свойствами

Строительство асфальтобетонных слоев является сложной инженерной задачей. Для управления качеством строительства целесообразно весь цикл разделить на функциональные этапы, связанные между собой единой целью — обеспечить безопасное движение транспорта с расчетной скоростью в течение всего срока службы. Для направленного управления процессом структурообразования асфальтобетона необходимо весь технологический процесс разделить на пять основных периодов:

- 1) подготовительный;
- 2) активного структурообразования;
- 3) формирования микро- и макроструктурных связей;
- 4) стабилизации структурных связей в уплотненном слое при его охлаждении и на начальном этапе эксплуатации;
- 5) период эксплуатации.

Первые четыре периода объединены процессом структурообразования асфальтобетонного слоя. Управлять этим процессом возможно за счет комплекса технологических приемов.

Технология — совокупность методов обработки, изготовления, изменения свойств исходных материалов, применяемых в процессе производства для получения готовой продукции. Технология может быть значительным резервом повышения качества асфальтобетонных покрытий.

Цель технологии устройства асфальтобетонных покрытий — получение асфальтобетонного слоя с запроектированными свойствами, отвечающими условиям движения транспорта и погоднo-климатическим условиям района строительства.

Подготовительный период включает в себя следующие виды работ: анализ условий работы асфальтобетонного покрытия и разработку требований к верхним слоям дорожных одежд; проектирование состава асфальтобетона и подготовку компонентов асфальтобетонной смеси.

Для повышения качества асфальтобетона и увеличения сроков службы покрытий следует применять мытый щебень и сортовой дробленый песок взамен отсеков камнедробления.

Зерновой состав минеральной части асфальтобетона должен строго соответствовать проектному составу. Особое внимание надо уделять подбору зернового состава песчаной составляющей, для чего используют несколько разновидностей песка, которые в заданном количестве смешивают на стадии предварительного дозирования.

В процессе сушки минеральных компонентов особо тщательно необходимо нагревать крупные зерна щебня, которые являются источником тепла в слое покрытия. Щебень способен постепенно отдавать тепло, поддерживая слой горячим длительное время, которое необходимо для протекания процессов структурообразования.

Качественно прогреть щебень можно за счет его длительного нахождения в сушильном барабане (без увеличения температуры сушки) или в результате использования дополнительных источников нагрева, например СВЧ-лучей или инфракрасного излучения. СВЧ-лучи создают повышенную температуру внутри зерна (в ядре), что очень важно на стадиях укладки и уплотнения асфальтобетонных слоев. Нагревать щебень можно на любом этапе его подготовки, но до начала объединения с битумом.

Представленная на рис. 19.5 модель отражает возможность постепенной передачи тепла от ядра щебня в асфальтобетонный слой.

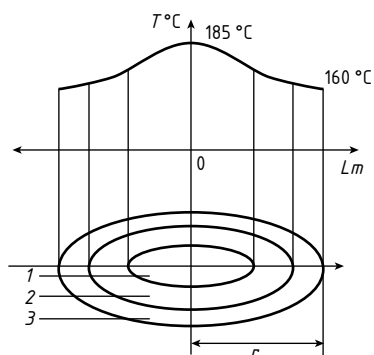


Рис 19.5. Модель передачи тепла зерном щебня в асфальтобетонный слой:
1 — ядро щебня (должно быть горячим); 2 — средняя зона; 3 — наружный слой зерна, его температура равна температуре асфальтобетонного слоя

Период активного структурообразования начинается с момента объединения каменных материалов и битума. Технологические свойства асфальтобетонной смеси с этого момента зависят от вязкости битума и состава смеси.

Вязкость — это способность материала оказывать сопротивление перемещению одного слоя относительно другого под действием внешних сил.

Самый главный технологический фактор, влияющий на вязкость битума, — это температура. Значительное влияние оказывают также активность битума, наличие ПАВ, пластификаторов или иных технологических приемов (высокочастотные воздействия, обработка ультразвуком, воздействие магнитных полей, вспенивание битума), изменяющих вязкость и активность битума в момент его объединения с каменным материалом.

При перемешивании на каждом минеральном зерне создается битумная пленка. Величина сцепления битумной пленки с минеральным зерном зависит от условий протекания процессов смачивания и адсорбции.

Текучесть и смачивающая способность битума определяют скорость и качество этих процессов. Текучесть μ определяется как величина, обратная вязкости η , т.е.

$$\mu = 1/\eta.$$

Смачивание — процесс самопроизвольного уменьшения свободной энергии трехфазной системы, состоящей из битума, каменного материала и воздуха. Смачивание вызывает растекание битума по поверхности минерального зерна. Применяя качественно подготовленные минеральные материалы (мытый щебень, нагретые до оптимальной температуры минеральные материалы и битум), можно оптимизировать условия смачивания поверхности каменного материала битумом. Вслед за смачиванием поверхности в слое битума на минеральном зерне начинаются процессы адсорбции.

Структурные элементы битума (асфальтены и смолы) притягиваются к поверхности минерального зерна, образуя ориентированные слои. Свойства битума в ориентированных адсорбционных слоях изменяются от твердого состояния на поверхности зерна до объемного. В зависимости от толщины битумной пленки будут изменяться все структурно-реологические и механические свойства асфальтобетона.

Интенсивность и характер адсорбции битума на поверхности минерального зерна зависят от совместимости битума и минерального материала, а также от вязкости и активности битума. Наибольшей способностью к адсорбции обладают известняки и доломиты. Адсорбция на поверхности кислых пород (таких, как кремнезем и кварц) менее активна. Пыль камнедробления имеет кислую поверхность. Она за-

трудняет смачивание и ухудшает возможность образования однородных битумных пленок. Вязкость битума на стадии объединения с каменным материалом (при перемешивании) должна быть в пределах 0,1...0,5 Пас. Современные смесители принудительного перемешивания циклического действия позволяют получить смесь, в которой поверхность каменного материала покрыта битумом на 60...80%. Образование битумных пленок на поверхности зерен щебня продолжается на всех последующих этапах технологического процесса.

На рисунке 19.6, приведена полная реологическая кривая изменения истинной вязкости битума в зависимости от температуры. Температуру приготовления смеси необходимо назначать с учетом структурно-реологического состояния вяжущего и его вязкости (см. диапазон 1 на рис. 19.6).

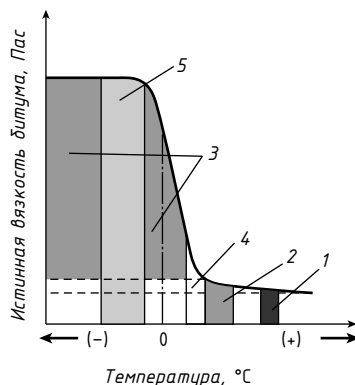


Рис. 19.6. Зависимость вязкости битума от температуры (полная реологическая кривая):

1 — диапазон оптимальной вязкости при приготовлении асфальтобетонной смеси; 2 — диапазон оптимальной вязкости при уплотнении слоя; 3 — вязкость битума в диапазоне эксплуатационных температур; 4 — зона риска сдвиговых деформаций покрытия; 5 — зона хрупкого разрушения слоя, образования трещин

Оптимальный диапазон вязкости битума при перемешивании асфальтобетонной смеси составляет 0,1...0,5 Пас. На стадии приготовления асфальтобетонной смеси могут эффективно использоваться дополнительные технологические факторы, направленные на снижение вязкости битума и активации поверхности компонентов при объединении с каменным материалом. К их числу помимо температуры могут быть отнесены диспергирование битума, ультразвуковая обработка, вспенивание битума, применение ПАВ и специальных модифика-

торов, пластификаторов и изменение последовательности введения компонентов в смеситель.

Период активного структурообразования начинается с момента объединения каменных материалов и вяжущего. На стадии перемешивания компонентов поверхность зерен щебня покрыта битумом на 60...80%, процесс формирования битумных пленок продолжается при хранении в бункере, транспортировании, распределении и уплотнении асфальтобетонной смеси. Вязкость битума определяет жесткость или пластичность смеси, ее удобоукладываемость и уплотняемость.

Период формирования микро- и макроструктурных связей охватывает процессы транспортирования, укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси. На этом этапе происходит уменьшение порового пространства, сближение минеральных зерен, вытеснение битума из зоны контакта, упрочнение битумных связей, формирование структурированных зон в битумной пленке на минеральном зерне, перераспределение компонентов битума в асфальтобетонном слое, формирование порового пространства. Технологические свойства смесей (в частности, удобоукладываемость) зависят от состава асфальтобетонной смеси, количества дробленых зерен и частиц окатанной формы, количества асфальтовяжущего и его вязкости, толщины битумной пленки на зернах щебня. Подвижность смеси изменяется в зависимости от температуры вяжущего и технологического режима уплотнения. В настоящее время на стадии уплотнения используют такие технологические воздействия, как уплотняющая нагрузка (вес рабочей плиты укладчика или катка), вибрационные колебания и трамбующее (ударное) действие. При правильном сочетании технологических свойств смеси и технологических факторов уплотнения удается достичь высокой степени уплотнения слоя. Уплотнение следует закончить при невозможности дальнейшего сдвига зерен в слое без деформирования самого асфальтобетонного слоя.

При сближении частиц происходят физические изменения в битумной пленке. Связи между отдельными зернами упрочняются, и возрастает прочность слоя. Регулировать степень уплотнения можно путем изменения вязкости битума и комплекса механических воздействий. После прекращения принудительного сближения зерен (снятия нагрузки) в результате расклинивающего давления битумной пленки зерна отдаляются друг от друга и слой самопроизвольно разуплотняется. В связи с этим асфальтобетонную смесь следует уплотнять при оптимальной вязкости битума. Оптимальные пределы вязкости битума при уплотнении составляют от 5 до 25 Пас (зона 2

на рис. 19.7). Минимальные значения вязкости рекомендованы для жестких, многощебенистых смесей, а большие — для асфальтобетонных смесей типа В и Д.



Рис. 19.7. Нанесение битумной эмульсии:

- 1 — слой под укладку смеси; 2 — линейка для распределения вяжущего;
3 — распыление битумной эмульсии; 4 — сплошная пленка вяжущего

Период стабилизации структурных связей в увлажненном слое сопровождается упрочнением связей между зернами, перераспределением битума и продолжением адсорбционных процессов. В этот период важно предотвратить разуплотнение слоя и обеспечить возможность завершения процессов структурообразования под влиянием энергетического потенциала компонентов асфальтобетонной смеси.

Период активно продолжается при истинной вязкости битума в пределах 80...200 Пас, соответствующей высокой активности битумных компонентов: масел, смол, асфальтенов — после завершения уплотнения. Для горячих асфальтобетонов (без модификаторов) такой диапазон вязкости соответствует температуре смеси 60...80 °С. В период охлаждения слоя в нем активно происходят процессы ориентации молекул ПАВ и структурных элементов битума, формируются слои ориентированного битума на минеральном зерне, изменяется толщина структурных зон битумной пленки, происходит проникновение легких битумных фракций в минеральные зерна. Все эти процессы приводят к увеличению коррозионной стойкости асфальтобетона, поэтому желательно сохранить до 2...3 ч высокую температуру слоя. Большое влияние на скорость охлаждения слоя покрытия оказывает стадия нагрева и сушки каменных материалов, когда происходит накопление тепловой энергии каждым зерном. На всех последующих технологических этапах тепло перераспределяется в объеме всей смеси и поддерживает температуру слоя.

Период эксплуатации покрытия. В этот период необходимо не превышать проектную интенсивность и скорость движения, не допускать превышения нагрузок от транспорта над расчетными нагрузками, предотвращать пробки на дорогах. Необходимо также обеспечивать водоотвод и качественное содержание дорог, отказаться от методов зимнего содержания, вызывающих ускоренное разрушение асфальтобетона в покрытии.

19.4. Технология работ по устройству слоев из асфальтобетонных смесей

Подготовительные работы. Слой дорожной одежды под укладку асфальтобетонной смеси должен быть ровным, качественно уплотненным. Его следует очистить от пыли и грязи, затем произвести розлив вяжущего (битумной эмульсии или жидкого битума).

Лучшим вяжущим для обеспечения качественного сцепления между слоями является катионная битумная эмульсия ЭБК-1 или ЭБПК-1, расход которой составляет 0,6...0,9 л/м² — на щебеночное основание и 0,3...0,4 л/м² — на слой асфальтобетона (при обработке нижнего слоя). После распада эмульсии на основании должна образовываться сплошная тонкая битумная пленка, обеспечивающая хорошее сцепление между слоями дорожной одежды. В автогудронаторах последнего поколения равномерное нанесение битумной эмульсии обеспечено за счет трехкратного перекрытия слоев эмульсии при ее распределении под давлением.

Правильная настройка автогудронатора показана на рис. 19.7. В каждую точку слоя эмульсия попадает из трех форсунок. Перед проходом асфальтоукладчика устанавливают упорные брусья и автоматическую следящую систему, обеспечивающую получение заданного продольного профиля.

Подготовка самосвалов под транспортирование асфальтобетонных смесей. Транспортирование асфальтобетонных смесей к месту укладки производят автосамосвалами с максимально возможной грузоподъемностью. Поставка смеси на объект должна осуществляться строго по графику. Дальность транспортирования желательно ограничить во избежание расслоения смеси и ее охлаждения. Машину для транспортирования асфальтобетонной смеси оснащают системой обогрева кузова и брезентовым теплоизоляционным

укрытием. Перед погрузкой кузов смазывают мыльным раствором. Для исключения расслоения смеси при выгрузке из смесителя разработана специальная схема загрузки смесей: сначала выгружают смесь в переднюю часть кузова, затем в заднюю и только после этого — в среднюю. При емкости кузова самосвала более 15 т можно загружать кузов за пять приемов.

Подготовка асфальтоукладчика. Укладку асфальтобетонной смеси производят асфальтоукладчиком, который способен распределять смесь и частично уплотнять слой. Смесь из кузова самосвала поступает в бункер. Далее по системе транспортеров она подается на поперечный распределительный шнек, а затем укладывается в слой и уплотняется рабочей плитой. Рабочая плита выравнивает и предварительно уплотняет асфальтобетонную смесь. Распределительный шнек равномерно распределяет смесь на всю ширину полосы укладки.

Плавающая рабочая плита, подвешенная в центре тяжести, позволяет создавать ровную поверхность, обеспечивая требуемую толщину слоя. Регулятор продольного уклона автоматически поддерживает уровень поверхности относительно эталонной, например, с помощью лыжи или копирной струны.

Между подошвой плиты и основанием слоя образуется угол φ (рис. 19.8). Этот угол принято называть углом атаки. Угол атаки может быть изменен поднятием или снижением уровня точек крепления плиты.

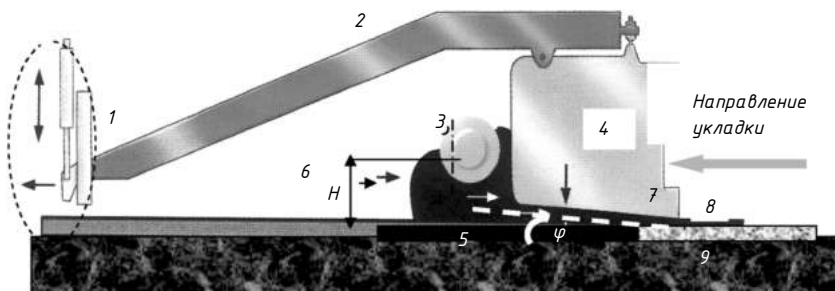


Рис. 19.8. Выглаживающая (рабочая) плита:
1 — узел подвески плиты; 2 — рама; 3 — поперечный шнек-распределитель; 4 — рабочая плита; 5 — асфальтобетонная смесь; 6 — напор смеси (H); 7 — изменение положения плиты под напором смеси; 8 — уложенный слой; 9 — слой основания

Требуемая ровность слоя достигается при равновесном состоянии всех сил, действующих на плиту.

На рисунке 19.8 приведена принципиальная схема работы выравнивающей плиты. Выравнивающая плита укладчика может иметь постоянную ширину или быть раздвижной. Эта конструкция позволяет изменять ширину укладки в процессе работы без остановки. При укладке слоя большой ширины (9,0 м и более) требуются надежные направляющая и поддерживающая системы (рис. 19.9). Ходовая часть укладчика может быть колесной или гусеничной.

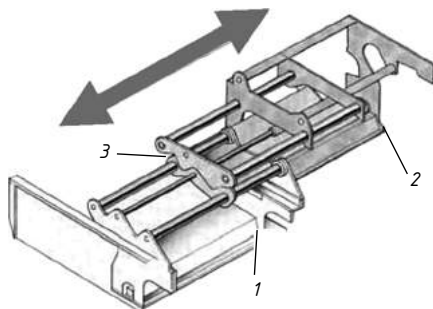


Рис. 19.9. Раздвижная рабочая плита:
1 — основная часть плиты; 2 — раздвижные телескопические плиты; 3 — направляющая и поддерживающая системы

Рабочую плиту оснащают трамбующим или вибрационным механизмом либо обоими механизмами. Вес плиты и контактная площадь имеют большое значение при предварительном уплотнении. Тяжелые плиты применяют при укладке жестких смесей, а легкие — при укладке пластичных.

Для получения ровного и однородного покрытия скорость укладчика должна быть постоянной, движение — без остановок. При укладке жестких смесей скорость движения укладчика назначают минимальной в пределах 2...4 м/мин. Увеличение скорости движения уменьшает количество ударов трамбующего бруса на единицу поверхности слоя, снижая однородность и степень уплотнения.

Последовательность выполнения работ:

- установить рабочую плиту на заданную толщину слоя;
- задать выравнивающей плите угол атаки в 2...3°;
- настроить автоматическую систему обеспечения ровности слоя;
- прогреть выравнивающую плиту.

Асфальтоукладчики последнего поколения позволяют проводить предварительное уплотнение слоя с коэффициентом уплотнения $K_y = 0,93...0,97$, а по некоторым данным и $K_y = 0,99$. После укладчика не-

обходимо использование катков для уплотнения асфальтобетонного слоя.

Укладка асфальтобетонной смеси в покрытие. Работы по укладке асфальтобетонной смеси проводят в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5 °С, а осенью — не ниже 10 °С.

Разгрузку самосвалов производят плавно, без рывков, постепенно высыпая смесь в бункер укладчика. Применение перегружателей позволяет уменьшить время на выгрузку смеси и исключает вероятность удара падающей смеси о приемный бункер укладчика, а также толчок укладчика самосвалом, что способствует повышению ровности покрытия и толщины слоя. Перегружатели последнего поколения, например «Шатл Багги», снабжены мешалкой для повышения однородности смеси перед подачей в укладчик без нагрева. Перегружатели позволяют повысить ровность и однородность асфальтобетонного слоя. Из-за высокой стоимости эти машины используются редко.

Температура горячей смеси в начале укладки должна быть не ниже, указанной в табл. 19.1.

Таблица 19. 1

Рекомендуемый диапазон температур асфальтобетонной смеси при укладке слоя

Толщина слоя, см	Минимальная температура горячей смеси при температуре воздуха, °С			
	+20	+15	+10	+5
До 5	125/135	130/140	135/145	140/150
5...10	Не ниже 120	120/125	125/130	130/135

Примечание. Числитель — при скорости ветра до 6 м/с, знаменатель — при скорости ветра 6...13 м/с.

При работе укладчика не следует вырабатывать смесь в бункере полностью.

Толщину слоя при укладке следует назначать с учетом запаса на уплотнение:

$$K_3 = \rho_{\text{тр}} / \rho_{\text{н}},$$

где K_3 — коэффициент запаса на уплотнение; $\rho_{\text{тр}}$ — требуемая плотность слоя; $\rho_{\text{н}}$ — насыпная плотность.

При скорости укладки больше 3...4 м/мин ухудшается ровность покрытий и повышается вероятность образования разрывов и трещин. Укладку жестких смесей целесообразно вести с включенными трамбующим брусом и виброплитой. Укладку пластичных смесей допускается

вести при скорости укладчика 4...5 м/мин без включения трамбующего механизма и при малом весе рабочей плиты.

Часто укладку осуществляют на всю ширину проезжей части не одним, а несколькими укладчиками, которые движутся с некоторым отставанием от ведущего. Разрыв составляет до 30 м. При этом сопряжение полос укладки выполняют по горячему слою.

Если при устройстве покрытия остается узкая полоса (например, на виражах или переходно-скоростных полосах), смесь на ней укладывают вручную одновременно с работой укладчика, чтобы можно было уплотнять слой сразу по всей ширине покрытия, избежав дополнительного продольного шва.

После прохода укладчика на поверхности слоя не должно быть дефектов в виде трещин, раковин, разрывов. Замеченные дефекты необходимо устранять до начала работы катков. В конце смены и при продолжительных перерывах в укладке (поломка оборудования, дождь) смесь в укладчике следует выработать полностью и устроить пандус для беспрепятственного проезда построечного транспорта.

Уплотнение асфальтобетонных смесей при устройстве покрытий. Уплотнение асфальтобетонных покрытий проводят отрядом катков, в который входят катки с гладкими стальными вальцами (чаще всего тандемные), катки вибрационного действия и пневмоколесные катки. В состав отряда в обязательном порядке должна входить ручная трамбовка для уплотнения отдельных небольших участков асфальтобетонного слоя в недоступных для катков местах. Уплотняющее действие виброплиты прямо пропорционально ее весу и амплитуде вибрации.

Уплотнение свежеложенного асфальтобетонного слоя проводят от краев полосы укладки к середине, перекрывая следы от катка на 30 см.

Температурные режимы работ по укладке и уплотнению покрытий приведены в табл. 19.2.

Уплотняющее действие гладковальцовых катков зависит от веса катка, диаметра и количества ведущих вальцов.

Легкие гладковальцовые катки движутся сразу за укладчиком и делают один — три прохода по следу. За ними движутся вибрационные катки (один-два прохода по следу). Тяжелые катки завершают уплотнение. Они развивают в контактной зоне очень высокое давление, что может вызвать дробление щебня (в тонких слоях из многощебенистых смесей).

Для предотвращения налипания смеси на валец в процессе укатки его орошают небольшим количеством воды равномерно по всей ширине вальца.

Таблица 19.2

**Интервалы рабочих температур смеси на отдельных
этапах работ по уплотнению покрытия**

Тип смеси	Температура асфальтобетонной смеси, °С, на этапах уплотнения					
	Предварительный конец		Основной		Окончательный	
	Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец
А	140...145	120...125	120...125	95...100	95...100	80...85
Б	125...130	105...110	105...110	85...90	85...90	70...75
В	115...120	100...105	100...105	80...85	80...85	60...65
Г	125...130	105...110	105...110	85...90	85...90	70...75
Д	105...110	85...90	85...90	70...75	70...75	55...60

Выбор типа катков для уплотнения конструктивных слоев зависит от степени предварительного уплотнения, а также от технологических свойств смеси (жесткая или пластичная).

Режимы работы катков (скорость перемещения, число проходов по одному следу) устанавливаются пробной укаткой. Пластичные горячие смеси уплотняют гладковальцовыми самоходными катками. Общее рекомендуемое количество проходов моторных катков с гладкими вальцами по одному следу в зависимости от типа смеси и погодных условий составляет: легких — два — четыре, тяжелых — 15...18. Уплотнение слоев из асфальтобетонных смесей типа «А» и модифицированных жестких смесей требует использования вибрационного катка.

Первые проходы (один — три) по одному следу вибрационные катки делают с выключенным вибратором, последующие (один — четыре) — с включенным вибратором. После вибрационного катка необходимо дополнительное уплотнение слоя тяжелым катком с гладкими вальцами (6...10 проходов по одному следу).

Самоходные катки на пневматических шинах пригодны для уплотнения всех типов смесей. Важнейшими преимуществами этих катков являются большая глубина уплотнения, возможность регулирования контактного давления и высокая производительность. Катки на пневматических шинах работают с равномерным распределением напряжений в покрытии по глубине, что определяет эффективность их использования при укладке толстых слоев. Катки выпускаются массой от 7 до 30 т и оборудуются как гладкими, так и рисунчатыми протекторами. Многие модели катков позволяют регулировать давление в шинах в процессе работы, что дает возможность использовать их в режимах работы легкого и тяжелого катков.

Лучшие результаты дают катки с гладким протектором. В большинстве случаев катки на пневматических шинах используют на стадии промежуточной укатки после нескольких проходов легкого или среднего катка статического или вибрационного действия. Можно использовать такие катки на начальной и конечной стадиях уплотнения.

Чтобы избежать прилипания смеси к шинам катка, целесообразно осуществлять прогрев шин, особенно при работе на горячем слое. В этом случае скорость движения катка на пневматических шинах составляет 1,5...2 км/ч с дальнейшим повышением до 5...8 км/ч.

Уплотнение начинают немедленно после укладки смеси. При первых проходах катка сдвиг в уложенном слое недопустим (возникает при уплотнении пластичных смесей). Если замечен сдвиг слоя, уплотнение следует прекратить и возобновить после некоторого остывания смеси.

Вибрационные катки представляют собой tandemные катки с металлическими вальцами, из которых один валец, а чаще два — вибрационные. Каток может работать с включенным или выключенным вибратором. Вибрационные катки целесообразно использовать на начальной стадии уплотнения (один-два прохода по следу) после проходов гладковальцового катка или катка на пневматических шинах (один — четыре прохода).

Комбинированные катки оснащены одним вибрационным вальцом. Второй валец может быть гладким металлическим или пневмоколесным. Такое сочетание вальцов делает эти катки наиболее универсальными. Следует особо отметить их высокую эффективность при уплотнении многощебенистых смесей без дробления щебня.

В настоящее время применяют большую номенклатуру как отечественных, так и зарубежных моделей таких катков. Лучшего уплотнения комбинированный каток достигает при движении пневмошинным вальцом вперед со скоростью в начале работы не более 2 км/ч, а при последующих проходах до 5 км/ч.

Устройство поперечных и продольных швов сопряжений полос укладки. *Поперечные швы* при укладке асфальтобетонных смесей снижают ровность слоя и производительность работ, а при эксплуатации являются источником разрушения слоя покрытия. Современная технология устройства асфальтобетонных покрытий требует минимального числа поперечных швов (при значительных перерывах в работе и в конце рабочей смены). Для устройства поперечного стыка асфальтоукладчик вырабатывает всю смесь полностью. При этом нарушается толщина слоя и его ровность. Технология устройства поперечного шва показана на рис. 19.10.

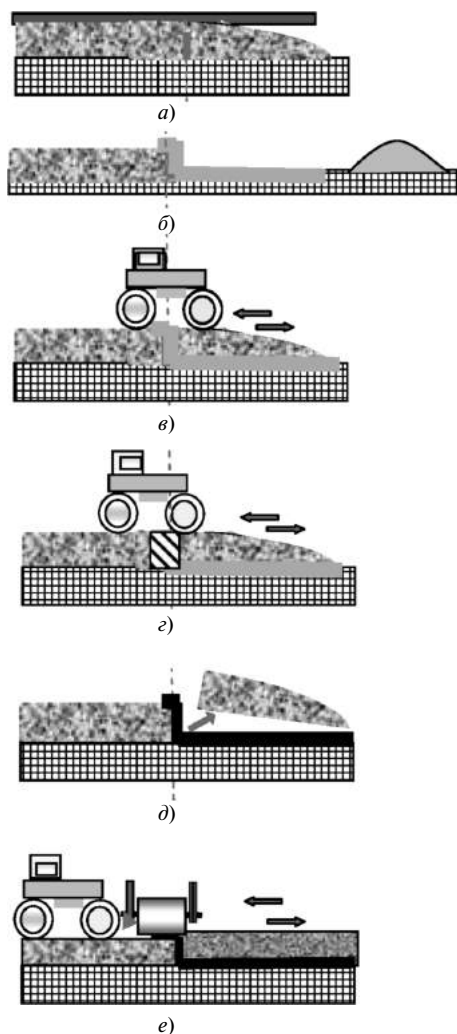


Рис. 19.10. Основные технологические этапы работ при устройстве поперечного стыка: *a* — укладчик вырабатывает смесь полностью. После двух проходов катка проверяют ровность слоя под трехметровой рейкой; *б* — удаление неровной части в горячем слое, укладка парафинированной бумаги или присыпка песком зоны контакта пандуса с нижележащим слоем; *в* — возвращение смеси обратно и укатка слоя покрытия до требуемой плотности; *г* — то же, что и *в*, но с установкой упорного бруса; *д* — подготовка к укладке второй полосы, удаление временного пандуса и подгрунтовка поперечного шва; *е* — укладка новой полосы так же, как и в продольном шве, и уплотнение поперечного шва укаткой вначале вдоль шва, а затем вдоль полосы укладки

Устройство продольного шва. При невозможности укладки асфальтобетонного слоя на всю ширину дороги одним укладчиком применяют параллельную укладку слоя двумя или более укладчиками, идущими позади ведущего на расстоянии не более 30 м. Катки, работающие на первой полосе, не должны приближаться ближе 10...15 см к границе со второй полосой. Вторым укладчиком укладывает смесь внахлест на первую полосу, а катки, работающие на второй полосе, уплотняют неостывший стык со стороны первой и второй полос укладки. При этом покрытие получается без продольного шва.

В тех случаях, когда возникает необходимость сопряжения укладываемой горячей полосы с уложенной ранее холодной, применяют следующий технологический прием: край ранее уложенной полосы подгрунтовывают и разогревают инфракрасным разогревателем швов, а при его отсутствии кромку разогревают горячей смесью.

При укладке асфальтобетонного слоя двумя и более укладчиками уплотнение первой полосы ведут, не приближаясь ближе чем на 10 см к кромке. Первый проход при уплотнении второй полосы необходимо выполнить по продольному сопряжению с ранее уложенной полосой. При наезде на свежеложенную полосу каток должен двигаться ведущим вальцом вперед.

Лучшие результаты получают при устройстве продольного шва по технологии, приведенной на рис. 19.11. При последнем проходе тяжелого катка обрезным вальцом срезают неуплотненную кромку под углом 70...60°.

В горячем состоянии можно провести обрезку кромки нарезчиком швов или дисковой фрезой. Если обрезку проводят в холодном слое, то кромку срезают под углом 90°. При уплотнении шва первый проход каток делает по холодному слою со смещением в сторону свежеложенной полосы не более чем на 15 см.

Качественные швы в верхнем слое покрытия способствуют продлению срока службы асфальтобетонного слоя.

На рисунке 19.12 показана технологическая схема укладки слоя покрытия двумя асфальтоукладчиками.

Первый асфальтоукладчик укладывает слой по струне. Вторым асфальтоукладчик движется вслед за первым на расстоянии 10...30 м, копируя ровность уже уложенного слоя «по лыже». Слои укладываются внахлест, перекрытие составляет 5...10 см. На схеме проставлены номера прохода катка при движении вперед. Полосу сопряжения уплотняет каток 4 после укладки второй полосы.

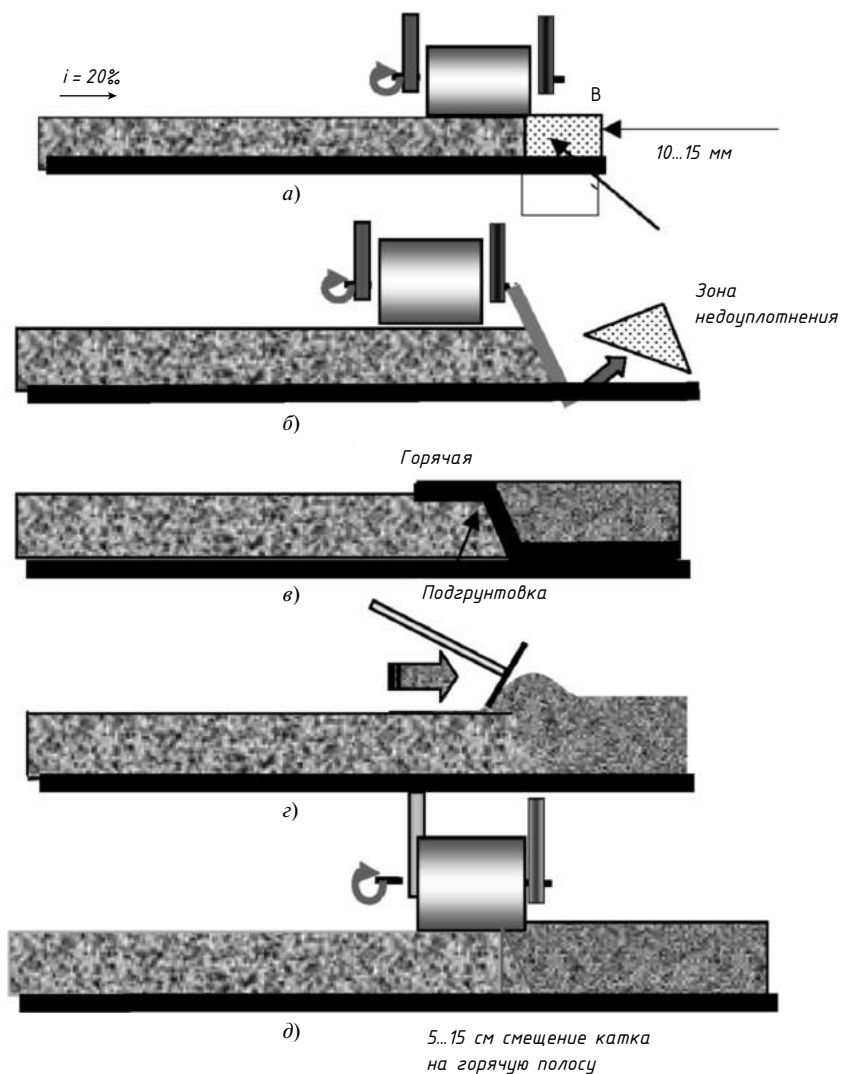


Рис. 19.11. Основные этапы устройства продольного стыка между полосами укладки на асфальтобетонном покрытии с удалением недоуплотненной зоны:

- а* — уплотнение первой полосы укладки;
- б* — обрезка неуплотненной зоны покрытия при последнем проходе катка;
- в* — подгрунтовка продольного стыка и укладка второй — горячей полосы укладки;
- г* — смещение смеси из зоны перекрытия в сторону новой полосы укладки;
- д* — уплотнение продольного стыка первым проходом гладковальцового катка

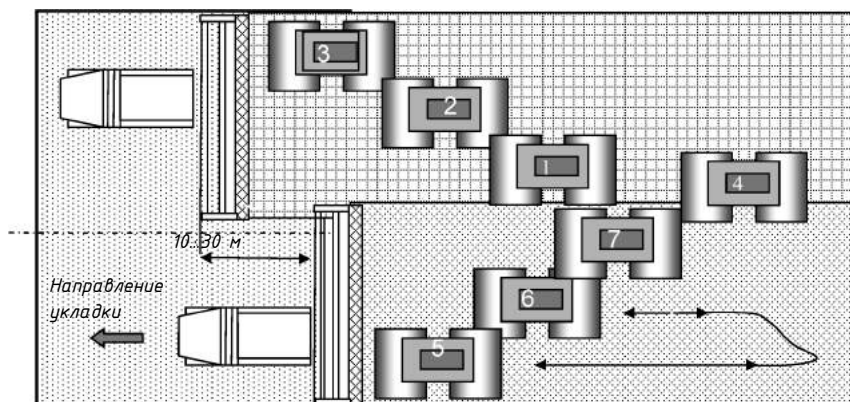


Рис. 19.12. Технологическая схема укладки асфальтобетонного слоя двумя укладчиками

19.5. Строительство покрытий автомобильных дорог из модифицированных асфальтобетонных смесей

Особенности строительства слоев из холодных асфальтобетонных смесей. Холодные асфальтобетонные смеси используют для строительства асфальтобетонных покрытий в труднодоступных местах и при большом удалении от асфальтобетонного завода. Их укладывают при температуре не ниже 5°C и уплотняют катками на пневматических шинах за шесть — десять проходов по следу. Часто используют гладковальцовые катки (четыре — шесть проходов по следу). При толщине слоя более 4 см холодную смесь уплотняют более тяжелыми катками. Так как холодный асфальтобетон готовят на жидких битумах, при укладке и уплотнении вязкость битумных пленок на минеральном зерне недостаточна и, как следствие, после прохода катка происходит разуплотнение слоя с появлением трещин. В уложенном слое должны пройти процессы структурообразования (испарение пластификатора). Продолжительность периода формирования слоя покрытия из холодных смесей порой превышает 30 сут.

Окончательное уплотнение слоев из холодных смесей происходит при движении транспорта. После укладки слоя скорость движения транспорта необходимо ограничивать до 40 км/ч в течение первых 10 сут.

Особенности устройства покрытий из щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь (ЩМАС) предназначена для строительства только верхних слоев покрытия на дорогах с высокой интенсивностью движения высших технических категорий (не ниже III). Специфическими особенностями ЩМАС являются высокая степень наполнения щебнем и отсутствие природного песка, что снижает уплотняемость. При укладке и уплотнении эти смеси имеют повышенную жесткость. Их низкая технологичность требует строгого соблюдения технологического режима строительства.

Укладывать покрытия из ЩМАС необходимо сразу на всю ширину проезжей части одним или несколькими укладчиками, так как холодные швы неизбежно раскрываются. При укладке ЩМАС следует использовать асфальтоукладчики с рабочей плитой, оснащенной вибрационным и трамбующим механизмами.

Уложенный слой уплотняют tandemными катками (рабочий вес которых не более 9 т). Вибрационные катки не применяют. Слои дополнительно уплотняются в процессе эксплуатации колесами движущегося транспорта.

Особенности укладки литых асфальтобетонных смесей. Перевозка литых смесей производится в специальных автомобилях-термосах, оборудованных системой подогрева, перемешивания и порционной выгрузки смеси.

Допускается перевозка литых смесей обычными большегрузными автосамосвалами с утепленными кузовами. Время в пути не должно превышать 30...40 мин. Укладку литых смесей допускается проводить при температуре воздуха не ниже -10°C . Смеси типа I и V укладывают без дополнительного уплотнения. Смеси типа II уплотняют включенным вибрационным брусом укладчика; смеси типа III требуют дополнительной прикатки катком весом до 1,0 т. Для укладки литых смесей применяют самоходные специальные укладчики с обогревом бункера и выравнивающей вибрационной плитой.

Во время укладки температура смеси типа I должна быть в пределах 220...240 $^{\circ}\text{C}$.

Сразу после укладки производят обработку поверхности покрытия россыпью мелкого щебня фракции 3...5 мм с расходом порядка 5...8 кг/м². Движение транспорта по готовому покрытию открывают не ранее чем через 3 ч после окончания работ.

Особенности устройства тонкослойных покрытий. Устройство тонкослойных покрытий и слоев износа является перспективным направ-

лением строительства. Такие слои укладывают поверх старого асфальтобетонного покрытия или слоя нового покрытия в целях обеспечения требуемых эксплуатационных свойств верхнего слоя. Обычно тонкие слои устраиваются из высококачественных материалов, улучшенных битумных композиций (полимернобитумных или резинобитумных вяжущих; битумов, улучшенных добавками ПАВ, и т.п.) и кубовидного высокопрочного щебня. Для устройства тонкослойных асфальтобетонных покрытий используют специальные смеси с содержанием щебня более 70% с крупностью зерен 5...10 мм, дробленого песка и мастики, в состав которой входят армирующие волокна. В качестве синтетических волокон могут быть использованы обрезки нейлона, отходы пластмассовой стружки, обрезки полиэтиленовых пленок. Возможно использование природных волокон (древесных, обрезков шерсти и т.п.) или продуктов переработки старой резины, например отечественный модификатор асфальтобетона «Унирем».

Важным условием обеспечения качества уплотнения является соблюдение требуемого температурного режима уплотняемой смеси. Необходимым требованием является обеспечение качественного сцепления с нижним слоем. Ограниченное применение таких слоев вызвано технологическими сложностями укладки и уплотнения. Тонкие слои очень быстро остывают, и поэтому для обеспечения требуемого уплотнения в отряде необходимо увеличить количество катков.

Известен способ укладки тонких слоев на свежее уложенное, еще не остывшее покрытие, что способствует лучшему сцеплению слоев, предотвращает дробление щебня при уплотнении. В нижнем слое чаще всего применяют асфальтобетон типа «Б», а в верхнем — смесь специального состава. Разработан специальный укладчик, позволяющий вести укладку сразу двух слоев с последующим их совместным уплотнением. Эта технология названа «компакт-асфальт». Уплотнение тонкого слоя производят совместно с нижним слоем. Лучшим материалом для устройства тонких слоев является холодная литая эмульсионно-минеральная смесь.

Особенности устройства слоев повышенной толщины. Асфальтобетонные слои толщиной 9...20 см, устраиваемые за один проход укладчика, требуют специального подхода к их укладке и уплотнению.

При укладке смесей толстыми слоями обеспечивается значительная экономия трудозатрат, возрастает эффективность использования средств механизации работ. Преимуществом укладки слоев повышенной толщины является уменьшение теплопотерь при проведении работ. Однако укатка толстых слоев может вызывать образование волн

на поверхности. Первый проход каток делает на расстоянии 10...15 см от кромки полосы укладки, чтобы не вызвать ее смятия. Лучшие результаты дает использование катков с вальцом большого диаметра. Большая амплитуда вибрационных колебаний гарантирует эффективное уплотнение на всю толщину слоя.

Устройство слоев повышенной толщины возможно с применением всех типов смесей, кроме высокопористых песчаных.

Важным преимуществом технологии укладки смесей толстыми слоями является большой запас тепла в слое и медленное его остывание, что обеспечивает благоприятные возможности для качественного уплотнения слоя.

Основной причиной, сдерживающей широкое применение укладки смесей толстыми слоями, является то, что составы смесей для верхнего и нижнего слоев покрытия традиционно предусматриваются различными. Это связано с тем, что в верхних слоях обычно укладывают более плотные (дорогие) составы асфальтобетонных смесей с применением высокопрочного щебня крупностью, как правило, не более 20 мм, тогда как в нижних слоях обычно укладывают пористые смеси с использованием щебня большей крупности.

19.6. Контроль качества работ при устройстве дорожных асфальтобетонных покрытий

Контроль качества подразделяется на входной, операционный и приемочный.

Входной контроль. Перед началом укладки асфальтобетонных слоев проверяют готовность нижележащего слоя к укладке смесей (ровность, плотность и чистоту поверхности нижележащего слоя, а при наличии бортовых камней — правильность их установки, качество очистки от пыли и грязи, качество подгрунтовки).

Ведут учет объема и качества асфальтобетонной смеси, поступающей на объект. Отмечают время выпуска смеси на АБЗ, время поступления смеси на объект, температуру смеси в кузове автосамосвала при выгрузке в бункер укладчика и на выходе из укладчика сразу за выравнивающей плитой. Оценивают однородность смеси в кузове. Расслоение асфальтобетонной смеси недопустимо. Выполняют визуальную оценку качества смеси. Доброкачественность асфальтобетонной смеси оценивают по следующим признакам: цвету, запаху, форме ко-

нуса, однородности покрытия зерен щебня битумом, отсутствию расслоения. Цвет качественной смеси — темно-серый, без характерного битумного блеска. Коричневый оттенок свидетельствует о нарушении температурного режима приготовления смеси.

Форма конуса асфальтобетонной смеси в самосвале должна быть пологой. Если смесь растекается по кузову или образует конус с острой вершиной, ее следует браковать и не допускать к укладке в слой.

На объекте необходимо вести журнал входного контроля, в который заносят номер автомашины, время поступления смеси, ее температуру.

Операционный контроль. Это контроль за выполнением каждой технологической операции. На стадии операционного контроля оценивают толщину и плотность слоя, продольный и поперечный уклоны, ровность слоя, ширину полосы укладки, ровность кромок, качество продольных и поперечных швов и отделки стыков (сопряжений) смежных полос укладки.

Толщину укладываемого слоя контролируют в процессе укладки металлическим щупом с делениями.

Важнейшим показателем качества построенного слоя является его плотность. Для ее определения чаще используют неразрушающие методы контроля (порометрический, радиоизотопный, акустический и др.).

Контролируют работу укладчика: скорость движения, режим работ вибрационной плиты и трамбующего бруса, толщину слоя и уклоны в продольном и поперечном направлениях.

На готовом покрытии контролируют ровность, шероховатость, толщину слоев, прочность сцепления между слоями и соответствие свойств асфальтобетона нормативным требованиям. Из готового слоя отбирают и испытывают пробы в виде вырубков или кернов.

Пробы в количестве 3 шт. с каждых 7000 м² отбирают не ранее чем через 3 сут. после устройства покрытия из горячего асфальтобетона и через 15...30 сут. — из холодного асфальтобетона.

Качество асфальтобетонной смеси, а также асфальтобетонных покрытий и оснований оценивают по соответствию требованиям ГОСТ 9128—2009 на основании проведения испытаний по методикам, регламентированным ГОСТ 12801—98.

Степень уплотнения конструктивных слоев оценивают коэффициентом уплотнения K_v , который должен быть: не ниже 0,99 — для асфальтобетона из горячих смесей типа А и Б и не менее 0,98 — для асфальтобетонов типа В, Г и Д.

Не ранее чем через 10 сут. с момента открытия движения определяют коэффициент сцепления колеса с покрытием.

При визуальном контроле на готовом покрытии не допускается наличие каких-либо дефектов и загрязнений. Выявленные дефекты устраняют до приемки покрытия в эксплуатацию.

19.7. Правила приемки асфальтобетонных покрытий в эксплуатацию

Приемку работ при устройстве дорожных асфальтобетонных покрытий осуществляют в соответствии со СНиП 3.06.03—85 «Автомобильные дороги», СНиП 3.01.04—87 «Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов», а также ВСН 19—89 «Правила приемки работ при строительстве и ремонте автомобильных дорог».

При приемочном контроле проводят анализ журналов входного и операционного контроля, обрабатывают результаты лабораторных испытаний при текущем и приемочном контроле и записи в рабочих журналах. При необходимости проводят дополнительные испытания.

Готовое асфальтобетонное покрытие не должно иметь просадок, выбоин и иных повреждений, затрудняющих движение транспортных средств, участков выпотевания битума, признаков расслоения слоя, участков с признаками дробления щебня в слое, шелушения слоя и других повреждений.

Контроль линейных параметров дороги следует осуществлять с помощью диагностических лабораторий, курвиметров, рулеток или линеек. Контроль параметров, не имеющих количественной оценки, осуществляют визуально.

На готовом покрытии не допускается наличие каких-либо дефектов и загрязнений. Выявленные дефекты должны устраняться до приемки покрытия в эксплуатацию.

ГЛАВА 20. СТРОИТЕЛЬСТВО ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ И ОСНОВАНИЙ

20.1. Особенности строительства покрытий с применением минеральных вяжущих

Более 2 тыс. лет назад в Римской империи были построены первые дороги с покрытиями на основе минеральных вяжущих, частично сохранившиеся до наших дней. Каждый слой этой дорожной одежды выполнялся из каменных материалов различной крупности, убывающей от нижнего к верхнему слою, скрепленных минеральным вяжущим — известковым или известково-пуццолановым. Верхний слой римской дороги представлял собой жесткое бетонное покрытие, компонентами которого являлись щебень, гравий, песок и вяжущее — смесь извести и пуццоланы.

Первые покрытия из бетона на портландцементе были построены в Англии (г. Эдинбург) в 1866 г. В США первая дорога с бетонным покрытием была построена позднее на 25 лет (1891 г.). Массовое строительство таких дорог началось именно в этой стране. К 1912 году в США было 400 км дорог с бетонным покрытием; к 1913 г. эта цифра удвоилась. В 1914 году уже насчитывалось около 3 тыс. км, а в 1951 г. — 140 тыс. км.

В нашей стране первые участки бетонных покрытий были построены в 1913 г. на улицах Петербурга. В довоенный период (до 1941 г.) в России бетонные покрытия строили в опытном порядке — в небольшом объеме и с применением зарубежных бетоноукладочных машин. Широкое строительство бетонных дорог развернулось в начале 1950-х гг. с применением первого отечественного комплекта бетоноукладочных машин Д-181, Д-182, Д-195 на рельсовом ходу.

В 1970-е годы в России началось строительство цементобетонных дорожных покрытий с применением машин со скользящей опалубкой на гусеничном ходу. Были закуплены в США бетоноукладочные комплекты высокопроизводительных машин «Автогрейд», которые послужили основой для выпуска отечественных комплектов машин под маркой ДС-100, ДС-110.

В настоящее время в России эксплуатируется около 9 тыс. км автомобильных дорог с цементобетонным покрытием, таких как Москва —

Волгоград, Екатеринбург — Челябинск, МКАД — Серпухов — Тула. Екатеринбург — Серов, Омск — Новосибирск, северный обход г. Новосибирска, МКАД — Кашира, обход г. Коломны и многие другие.

Стабильные транспортно-эксплуатационные показатели и высокая долговечность дают им преимущества перед покрытиями других типов.

Цементобетонные покрытия имеют высокую распределяющую способность и малую величину вертикальных упругих перемещений под нагрузкой автомобилей, незначительный износ вследствие истирания, высокий, мало зависящий от увлажнения покрытия коэффициент сцепления.

Прочностные и деформативные характеристики цементобетона практически не меняются в реально наблюдаемых диапазонах изменения температуры, влажности и скорости нагружения. Его прочность может возрастать в течение всего срока службы дорожной одежды, что служит дополнительным резервом долговечности.

Благодаря светлому цвету поверхности цементобетонных покрытий для их освещения требуется на 20% меньше энергии. На таких покрытиях автомобили расходуют примерно на 5...10% меньше топлива, чем на асфальтобетонных, при скорости движения более 90 км/ч. Для производства минерального вяжущего (портландцемента) имеются значительно большие сырьевые ресурсы, чем для производства битума.

Цементобетонные покрытия устраивают непосредственно на месте строительства из свежесушеного бетона по конструктивным слоям.

В зависимости от интенсивности движения, свойств земляного полотна плита из цементобетона может быть неармированной или содержать арматурную сетку, препятствующую раскрытию трещин в случае их возникновения. Толщину плиты назначают по расчету, и обычно она колеблется в пределах 18...30 см.

Бетонное покрытие укладывают на искусственное основание из грунта или песка, обработанного цементом; щебня; щебня, обработанного вяжущим, или из других прочных материалов. Обеспечение необходимой ровности и прочности основания позволяет существенно снизить напряжения в цементобетонном покрытии, повысить его работоспособность. В мировой практике используют в основном две технологии строительства цементобетонных покрытий и оснований: в скользкой опалубке и в рельс-формах.

Во избежание разрушения бетона от совместного действия транспортной нагрузки и колебаний температуры, существенно увеличи-

вающихся с ростом длины плит, в бетонных покрытиях устраивают деформационные швы различного назначения.

В большинстве стран технология устройства поперечных деформационных швов характеризуется нарезкой их пазов в затвердевшем бетоне самоходными многодисковыми машинами — нарезчиками.

Качество герметизации деформационных швов определяет долговечность цементобетонных покрытий. Для герметизации всех видов швов используют герметики холодного и горячего применения, а также специальные профили.

Поперечные швы — наиболее уязвимое место бетонных покрытий. Желание избавиться от температурных швов сжатия и расширения привело к созданию непрерывно армированных цементобетонных покрытий.

В последние годы наблюдается тенденция создания дорожных бетонов повышенной прочности и долговечности. Это достигается путем модификации структуры бетона химическими добавками: пластифицирующими, воздухововлекающими и газообразующими. Направленная модификация структуры дорожного бетона позволяет создавать бетоны высокой прочности и морозостойкости при низком водоцементном отношении. Весьма перспективным является применение для строительства дорожных покрытий бетонов высокой эксплуатационной надежности (HPC — High Performance Concrete), имеющих прочность на растяжение при изгибе более 7 МПа и прочность при сжатии 80 МПа и более.

20.2. Требования к материалам для строительства цементобетонных покрытий

Цементобетонное покрытие работает в условиях сложного напряженного состояния под воздействием повторных нагрузок от автомобилей и переменных температурно-влажностных полей. Кроме того, для конгломератных материалов типа цементобетона характерны внутренние напряжения, обусловленные неоднородностью их структуры, а также постоянно протекающими процессами структурообразования и деструкции.

Повышение стойкости дорожного бетона к эксплуатационным воздействиям напрямую связано с улучшением его физико-механических свойств и структуры.

Формирование структуры дорожного бетона и его свойств зависит от многих факторов: вида и качества исходных материалов, запроектированного состава бетона, применяемых химических добавок, технологии приготовления, укладки и уплотнения бетонной смеси, эффективности армирования покрытия, качества ухода за бетоном.

Цемент является одним из основных материалов, определяющих свойства бетонной смеси и бетона для дорожного строительства. Высокие требования, предъявляемые к бетону для дорожных покрытий, обусловили необходимость применения специальных цементов нормированного минералогического и вещественного состава.

Цемент для бетона покрытий должен соответствовать требованиям ГОСТ 10178—85, ГОСТ 31108—2003, ГОСТ 30515—97. Для бетона покрытий применяют цемент без минеральных добавок или вспомогательных компонентов. Содержание минерала C_3A в цементе для бетона покрытий не должно превышать 8,0% по массе, а общее содержание щелочных оксидов в цементе для бетона покрытий в пересчете на Na_2O — 0,8% по массе.

Минеральные материалы, используемые для приготовления цементобетонной смеси, подразделяют на мелкий и крупный заполнители.

В качестве мелкого заполнителя в дорожном бетоне применяют пески природные или дробленые, в том числе обогащенные и фракционированные. В некоторых случаях целесообразно использовать пески из отсеков дробления, в том числе обогащенные. Дробленые пески и пески из отсеков дробления применяют только совместно с природными песками при их раздельном дозировании. Оптимальное соотношение природного песка и песка из отсеков дробления или дробленого определяют при подборе состава бетона, в соответствии с ГОСТ 8736—93.

В качестве крупного заполнителя в бетоне покрытий применяют щебень. Допускается при технико-экономическом обосновании использовать щебень из гравия, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 26633—91, ГОСТ 8267—93 со средней плотностью от 2000 до 2800 кг/м³. Щебень обычно применяют фракций от 5 до 10 мм и свыше 10 до 20 мм, дозируемых раздельно. Оптимальное соотношение между фракциями щебня (в пределах ГОСТ 26633—91) определяют при подборе состава бетона покрытий. Допускается применение щебня в виде одной фракции от 5 до 20 мм при фактическом соотношении составляющих его фракций от 5 до 10 мм и свыше 10 до 20 мм в пределах требований ГОСТ 26633—91.

Вода для затворения бетонной смеси и приготовления растворов химических добавок должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732—79. Вода питьевая по ГОСТ Р 51232—98 применяется в бетоне без ограничений и предварительного химического анализа.

Химические добавки для бетона покрытия должны соответствовать требованиям ГОСТ 24211—2008 и ГОСТ 26633—91.

Применяют следующие химические добавки:

- пластифицирующую для снижения водопотребности бетонной смеси;
- воздухововлекающую или газообразующую для получения требуемого объема вовлеченного воздуха или газа в бетонной смеси.

Для одного вида бетона из одной группы эффективности (ГОСТ 24211—2008) может применяться только одна химическая добавка без дополнительной проверки свойств бетона. Одновременное использование химических добавок одной группы эффективности, выпускаемых по разным техническим условиям, недопустимо.

Оптимальные дозировки химических добавок определяют при подборе состава бетона покрытия с учетом свойств конкретных материалов, принятой технологии работ и необходимости обеспечения требуемых свойств бетонной смеси на месте бетонирования.

Свойства бетона в покрытии, качество его поверхности, производительность бетоноукладочных машин зависят от того, насколько технологические свойства бетонной смеси соответствуют средствам укладки, уплотнения и отделки.

Бетонная смесь должна иметь подобранный зерновой состав с достаточным количеством песка и растворной части, хорошую удобоукладываемость (отделываемость), обеспечивающую получение ровной и замкнутой поверхности покрытия при принятой подвижности (жесткости), высокую воздухоудерживающую способность и соответствовать требованиям ГОСТ 7473—2010, СНиП 3.06.03—85.

Наиболее существенное положительное влияние на воздухоудерживающую способность бетонной смеси оказывает увеличение количества воздухововлекающей добавки, дисперсности песка и относительной доли песка в смеси заполнителей, характеризуемой коэффициентом раздвижки щебня раствором.

Важно исключить расслаиваемость бетонной смеси при ее транспортировании и распределении по основанию.

Расслоение бетонной смеси проявляется в послойном разделении ее составных частей, обильном выделении на поверхности смеси цементного молока или растворной части. Технология строительства

бетонных покрытий включает ряд операций, которые могут способствовать расслоению смесей. Это выгрузка смеси из бетоносмесительной установки в кузов автосамосвала, транспортирование смеси на значительные расстояния, выгрузка смеси в приемный бункер бетоноукладчика, а также распределение бетонной смеси по основанию.

Значительное расслоение бетонной смеси приводит к появлению неплотных зон в структуре бетона, к снижению ее однородности и, самое главное, к ослаблению поверхностного слоя бетонного покрытия за счет появления в нем избытка влаги и цементного теста. В результате создаются условия для поверхностного разрушения покрытия, вызываемого совместным воздействием на бетон транспортных нагрузок, попеременного замораживания и оттаивания в присутствии хлористых солей.

Устойчивость к расслоению бетонных смесей зависит от их вязкости в статическом состоянии, а также от свойств компонентов и соотношений между ними.

Малоподвижные и жесткие бетонные смеси, низкие значения водоцементного фактора, высококачественные цементы, характеризующиеся малым водоотделением, пластифицирующие и особенно воздуховлекающие добавки, повышающие связность смеси — все это обеспечивает высокую устойчивость бетонных смесей против расслоения.

Бетонная смесь для покрытий, устраиваемых в скользящей опалубке, характеризуется маркой П1 (осадка конуса (ОК) — 1...4 см) по удобоукладываемости по ГОСТ 7473—2010 и требуемым объемом вовлеченного воздуха 5...7% по ГОСТ 26633—91.

Показатели удобоукладываемости бетонной смеси (осадка стандартного конуса и объем вовлеченного воздуха) определяют по ГОСТ 10181—2000.

Величина плотности бетонной смеси на цементобетонном заводе должна соответствовать данным подбора состава бетона с учетом фактического объема вовлеченного воздуха в смеси. Окончательно технологические свойства бетонной смеси для бетона покрытий оценивают на стадии пробного бетонирования.

Для устройства монолитных цементобетонных покрытий автомобильных дорог применяют тяжелый бетон, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 26633—91, СНиП 52—01, СНиП 2.05.02. Минимальная величина класса (марки) бетона для покрытий автомобильных дорог всех категорий (при интенсивности движения по СНиП 2.05.02) должна составлять:

- по прочности на растяжение при изгибе B_{tb} (P_{tb}) — 4,0 (50);
- прочности на сжатие, B (M) — 30 (400).

Бетон для дорожных покрытий должен иметь марку по морозостойкости не менее F200 при испытании по второму базовому методу ГОСТ 10060.0—95 для всех климатических условий района строительства и для автомобильных дорог всех категорий. На момент открытия движения построенного транспорта по цементобетонному покрытию прочность бетона должна составлять не менее 70% величины его требуемой прочности (величины R_t по ГОСТ 53231—2008, определенной при подборе состава бетона).

20.3. Конструкции дорожных одежд с цементобетонными покрытиями

Жесткими называют дорожные одежды с конструктивными слоями из цементобетона. В зависимости от технологии строительства жесткие покрытия подразделяют на монолитные, сборные, сборно-монолитные. Цементобетонные покрытия могут быть неармированными, армированными (в том числе непрерывно армированными) и дисперсно-армированными. Покрытия выполняют одно- и двухслойными.

В общем случае жесткая дорожная одежда с покрытием из монолитного цементобетона имеет следующие конструктивные слои: покрытие, выравнивающий слой, основание и дополнительные слои основания, выполняющие морозозащитные, дренажные и теплоизолирующие функции. Типовые конструкции дорожных одежд с цементобетонным покрытием представлены на рис. 20.1.

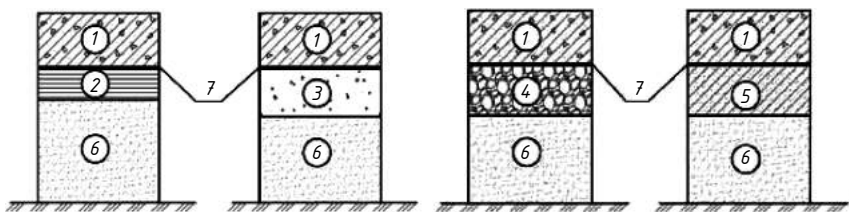


Рис. 20.1. Типовые конструкции дорожных одежд с цементобетонным покрытием:

1 — цементобетон; 2 — асфальтобетон; 3 — бетон классов по прочности $B_{tb}0,8$ — $B_{tb}1,2$; 4 — щебень; 5 — песок или другой материал, укрепленный вяжущим; 6 — песок или гравийно-песчаная смесь; 7 — прослойка из полиэтиленовой пленки

В случае применения при строительстве покрытий комплекта машин, перемещающихся по рельс-формам, как правило, устраивают выравнивающий слой из обработанных вяжущим зернистых материалов. Выравнивающий слой предназначен для устранения неровностей на основаниях, обеспечения перемещения плит покрытия при изменении температуры, равномерного распределения давления от автомобилей, уменьшения напряжения в плитах при их короблении и повышения стойкости поверхностного слоя основания.

При применении высокопроизводительных машин с автоматической системой обеспечения ровности для строительства оснований из материалов, укрепленных вяжущими, необходимость в устройстве выравнивающего слоя отпадает. В этом случае применяют полимерную пленку в качестве прослойки между покрытием и основанием.

Слои основания из тощего бетона, щебня, цементогрунта выполняют функцию как конструктивного, так и технологического слоя, обеспечивая движение бетоноукладчика и доставку бетонной смеси. Их устраивают не менее чем на 160 см шире вышележащего слоя цементобетона, укладываемого бетоноукладчиками со скользящими формами. Уширение нижнего слоя на 80 см в каждую сторону необходимо для прохода гусениц бетоноукладчика.

Для снижения напряжений, возникающих при суточных и сезонных изменениях температуры воздуха, в цементобетонных покрытиях устраивают температурные швы сжатия, коробления, расширения и рабочие. Кроме перечисленных поперечных температурных швов устраивают и продольные швы. Продольный шов требуется при ширине покрытия более 4,5 м для предупреждения появления извилистых продольных трещин, образующихся от воздействия транспортных средств, неоднородного пучения и осадки земляного полотна.

Швы расширения предназначены для восприятия перемещений плит при их расширении под воздействием высоких летних температур. При правильном устройстве швов расширения они устраняют перенапряжение плит и исключают отрицательное влияние этих напряжений на продольную устойчивость покрытия, сколо- и трещинообразование. На прямолинейных участках покрытий расстояние между швами расширения определяют по табл. 20.1 в зависимости от типа и толщины покрытия, а также от температуры воздуха во время строительства. Расстояния между швами расширения должны быть кратными длине плит в пределах диапазона указанных в данной таблице расстояний.

Таблица 20.1

Расстояние между швами расширения в зависимости от климатических условий строительства, конструкции и толщины покрытия

Климат	Покрытие	Толщина покрытия, см	Температура воздуха во время бетонирования, °С			
			менее +5	от +5 до +15	от +10 до +25	более +25
			расстояние между швами расширения, м			
Умеренный	Неармированное	22...24	25...28	50...56	80...90	90...110
		20	24...25	35...42	50...54	80...90
		18	18...20	25...30	30...35	40...45
Континентальный	Неармированное	22...24	20...24	40...48	80...90	90...110
		20	18...20	32...36	40...45	60...66
		18	16...18	22...25	25...28	36...40
Любой	Армированное, при длине плит более 7 м	22...24	28...40	76...80	Не устраивают	
		18	21...40	35...40	40...60	60...80

Швы расширения в покрытии разрешается не устраивать: при толщине покрытия более 24 см, интервале температур во время бетонирования от +10 °С и выше; при укладке покрытия на укрепленное минеральными вяжущими основание без устройства разделяющей прослойки. Обязательным является устройство швов расширения при примыкании к мостам и путепроводам и в местах пересечения цементобетонных покрытий в одном уровне.

Конструкция поперечных швов расширения включает прокладку из упругого материала, штыревые соединения с гильзами-колпачками, каркасы-корзинки из стали для крепления штыревых соединений в проектом положении и паз в бетоне, заполненный герметизирующим материалом. Прокладку устанавливают в проектное положение вместе со штырями. Штыри и прокладки прочно закрепляют, для того чтобы предотвратить их смещение при распределении и уплотнении бетонной смеси. Прокладки и штыри закрепляют с помощью поддерживающих каркасов-корзинок из арматуры диаметром не менее 4 мм. Не допускается крепить штыри только к прокладке без опоры каркасов-корзинок на основание, так как не будет обеспечено вертикальное и прямолинейное положение прокладки в бетоне покрытия.

В случае если предусматривается устройство шва расширения в затвердевшем бетоне, для образования ровной трещины, которая служит

маяком для нарезки шва, верх прокладки срезают на клин. Прокладку устанавливают так, чтобы после уплотнения бетона верх клина прокладки был ниже поверхности покрытия не более чем на 10...12 мм. Толщину прокладки принимают равной 30 мм. Устройство паза шва расширения выполняется на 3...5 мм шире прокладки, т.е. 33...35 мм.

В конструкции шва расширения, устраиваемого перед мостами и путепроводами, не устанавливают досок-прокладок и штыревых соединений. Сквозной шов заполняют пористым легкосжимаемым материалом.

Конструкции шва расширения на прямолинейных участках покрытия и на подходах к искусственным сооружениям приведены на рис. 20.2.

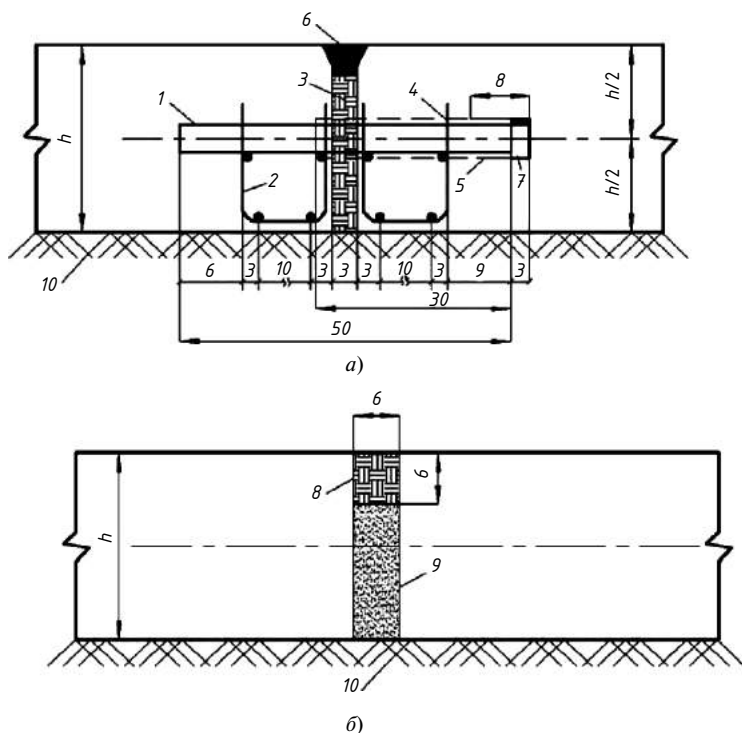


Рис. 20.2. Конструкции шва расширения:

- a* — в покрытии; *б* — перед искусственными сооружениями;
 1 — штыревое соединение; 2 — каркас-корзинка; 3 — упругий материал;
 4 — обмазка битумом; 5 — колпачок из резины или полиэтилена;
 6 — герметизирующий материал; 7 — воздушный зазор; 8 — герметизирующий материал; 9 — пористый легкосжимаемый материал

Швы сжатия устраивают между швами расширения, чтобы предупредить появление трещин, возникающих в плитах вследствие изменения температуры, усадки бетона и неоднородных деформаций земляного полотна. В швах сжатия покрытие разрезают по всей ширине на глубину не менее $\frac{1}{4}$ толщины. Ниже этой прорези в последующем возникает трещина, так как при сокращении плиты от понижения температуры вследствие трения между плитой и основанием в бетоне плиты возникает растяжение.

Расстояние между швами сжатия (длину плиты) назначают по расчету в зависимости от толщины плиты и природно-климатических условий. Длину неармированных плит назначают в пределах, указанных в табл. 20.2.

Таблица 20.2

**Расстояние между швами сжатия (длина плиты перекрытия)
в зависимости от толщины плиты и климатических условий**

Климат	Толщина плиты покрытия, см			
	18	20	22	24
	Длина плиты покрытия, м			
Умеренный	4,5	5	5	5...6
Континентальный	3,5...4	4,5	4,5	4,5...6

Примечание. Континентальный климат характеризуется разницей между максимальной и минимальной температурами воздуха за сутки более 12 °С при повторяемости более 50 дней в году.

Швы сжатия, как правило, устраивают в затвердевшем бетоне. Конструкции швов сжатия представлены на рис. 20.3.

После нарезки швов в затвердевшем бетоне нарезчиком швов с алмазными дисками и очистки шва сжатым воздухом в него запрессовывают уплотнительный шнур, обрабатывают стенки праймером и производят герметизацию.

Швы коробления обеспечивают возможность коробления плит покрытия вследствие разности температур их верхней и нижней частей, но препятствуют удлинению или сжатию плит, тем самым повышая продольную устойчивость покрытия, уменьшая в плитах температурные напряжения, повышая трещиностойкость и стабильность транспортно-эксплуатационных качеств покрытия. Швы коробления размещают через один шов сжатия. В плитах длиннее 6 м швы коробления устраивать не следует. Ширина паза шва коробления составляет 3...5 мм. Конструкция шва коробления представлена на рис. 20.4.

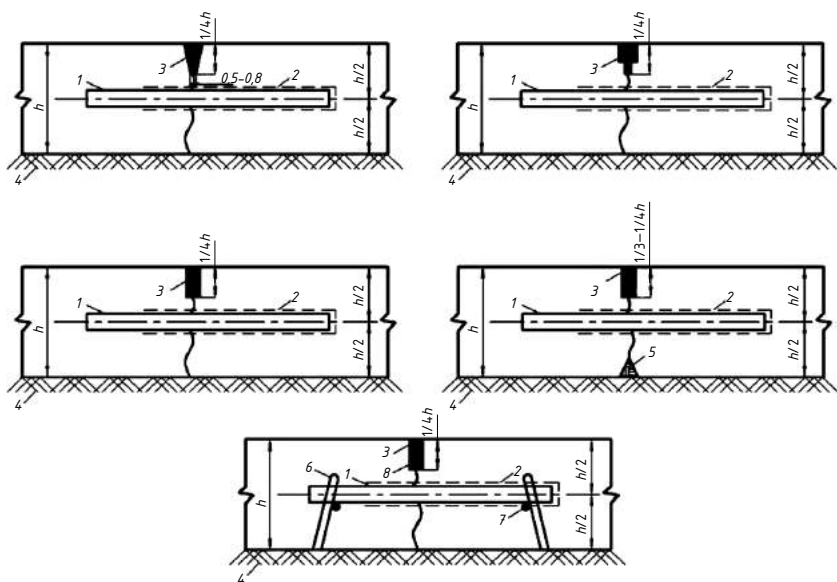


Рис. 20.3. Конструкции поперечных швов сжатия:

1 — штыревое соединение; 2 — обмазка битумом; 3 — герметизирующий материал; 4 — слой основания; 5 — деревянный брусок; 6 — каркас-корзинка; 7 — монтажная арматура; 8 — уплотнительный шнур

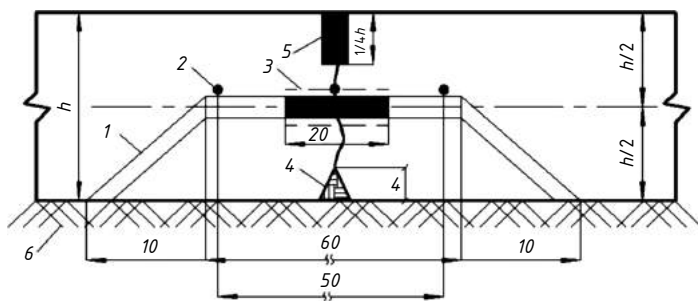


Рис. 20.4. Конструкция шва коробления:

1 — штыри-анкеры из гладкой арматуры класса А-II диаметром 14...16 мм; 2 — продольные стержни из арматуры диаметром 6...8 мм; 3 — обмазка стержней-анкеров битумом; 4 — деревянная рейка; 5 — герметизирующий материал; 6 — слой основания

Продольный шов нарезают специальным нарезчиком на глубину от 1/3 до 1/4 толщины покрытия. С помощью боковой скользящей формы и механизма для бокового внедрения штырей, которые мон-

тируются на бетоноукладчике, выполняются различные шпунтовые соединения и армирование продольного шва (рис. 20.5). Ширина паза продольного шва составляет 3...5 мм.

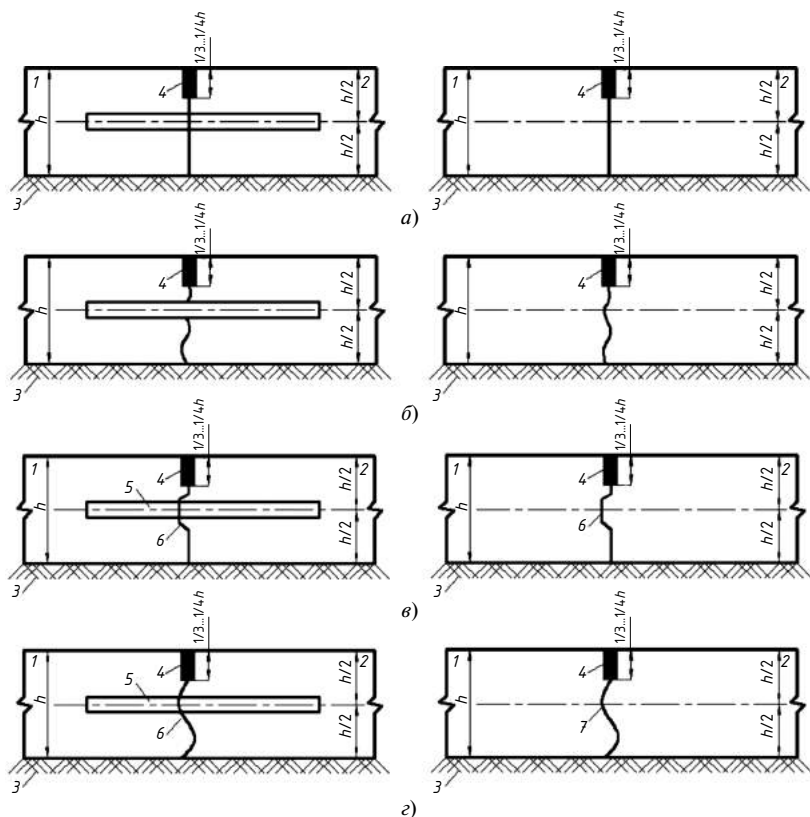


Рис. 20.5. Конструкции продольного шва:

- а* — сквозного типа; *б* — ложного типа; *в* — шпунтового типа трапецеидального;
 1 — бетон ранее уложенной полосы; 2 — свежеложенный бетон;
 3 — слой основания; 4 — герметизирующий материал; 5 — штыревое
 соединение; 6 — трапецеидальный шпунт; 7 — синусоидальный шпунт

Рабочие швы применяют в конце рабочей смены или при перерыве бетонирования покрытия более чем на 3 ч. Конструкция рабочего шва представлена на рис. 20.6.

Для частичной передачи нагрузки с плиты на плиту и исключения образования ступеней между плитами поперечные и продольные швы армируют. В зависимости от материала основания штыри в поперечных и продольных швах размещают согласно рис. 20.7.

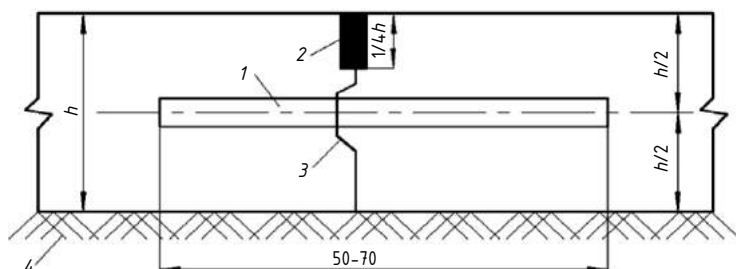


Рис. 20.6. Конструкция поперечного рабочего шва:
1 — штыревое соединение; 2 — герметизирующий материал; 3 — шпунт; 4 — слой основания.

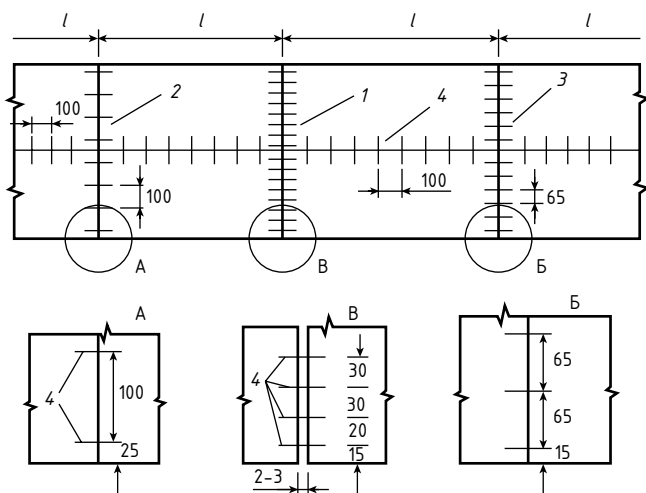


Рис. 20.7. Схема расположения штырей в швах цементобетонного покрытия:
1 — шов расширения; 2 — шов сжатия при основании из каменных материалов и из грунтов, укрепленных вяжущим; 3 — шов сжатия при основании из материалов, не укрепленных вяжущими (песок, щебень, шлак, гравийно-песчаная смесь); 4 — штыри

При строительстве покрытий толщиной более 22 см машинами со скользящими формами на основаниях из цементогрунта толщиной не менее 16 см допускается в швах сжатия не применять штыревые соединения. Длина и диаметр штыревых соединений определяются проектом.

В целях ограничения растрескивания плит при неоднородных деформациях земляного полотна применяют армирование цементобе-

тонных покрытий. Для этого используют плоские сетки с продольной арматурой из стали А-II периодического профиля диаметром 8...14 мм с размещением сеток в средней по высоте зоне плиты. Количество арматуры устанавливают расчетом из условия раскрытия трещин до 0,2 мм для предотвращения коррозии арматуры.

Непрерывно армированные цементобетонные покрытия устраивают без температурных швов. Отличие их от обычных неармированных покрытий состоит в том, что под влиянием внешних воздействий и благодаря наличию арматуры в них образуются поперечные трещины с шагом 1,5...3,0 м и раскрытием их на поверхности до 0,2...0,4 мм. Такое незначительное раскрытие трещин обеспечивает передачу поперечной силы между плитами и гарантирует от проникновения к арматуре воды, так как на уровне арматуры трещины не раскрываются. Непрерывно армированные покрытия позволяют устраивать швы расширения через довольно большие расстояния.

Технология производства работ определяет особенности непрерывно-армированного покрытия. При укладке бетона в один слой применяют арматурные сетки из стержней диаметром 14...20 мм с размерами ячеек, достаточными для прохождения бетона через заранее выложенные на подставках сетки. При укладке бетона в два слоя сетки раскладывают по уложенному нижнему слою бетона. Процент армирования конструкции обычно принимают равным 0,5...0,7.

Поперечную распределительную арматуру располагают через 25...70 см; рабочую арматуру по высоте сечения располагают на расстоянии $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{2}$ от верха плиты. В местах сопряжения с покрытиями других типов в конструкцию непрерывно-армированного покрытия встраивают анкеры. Анкерные устройства назначают по расчету.

Покрытия из сборных железобетонных плит получили распространение на дорогах прежде всего промышленных, лесозаготовительных и сельскохозяйственных предприятий. В настоящее время выпускают различные типы конструкций сборных плит, отличающихся размерами в плане, толщиной, типом арматуры, особенностями ее размещения и процентом армирования, типом стыковых соединений и свойствами цементобетона. Большое число типоразмеров плит вызвано разнообразием условий их применения.

Наибольшее распространение получили предварительно напряженные плиты ПДСН 0,14×2×6 (плита дорожная, сборная, напряженная) с расходом арматуры 7...8 кг/м², разработанная на базе аэродромной плиты ПАГ-14.

Отличительной особенностью плит ПДСН 0,14×2×6 является уменьшение количества рабочей арматуры вследствие меньших расчетных нагрузок в сравнении с плитой ПАГ-14.

Разновидностью плиты ПДСН 0,14×2×6 является плита 3ПДСН 0,14×2×2, состоящая из трех элементов, сочлененных между собой. При эксплуатации такая плита растрескивается в местах ослабления сечения, что способствует улучшению однородности опирания на основание. Связь между элементами плиты обеспечивается арматурой, одновременно ограничивающей раскрытие трещин.

Сборно-монолитные цементобетонные покрытия состоят из тонких железобетонных плит, укладываемых на слой низкомарочной пластичной бетонной смеси, которую приготавливают с применением местных материалов. Основным преимуществом сборно-монолитного покрытия по сравнению со сборным является экономия высокопрочных каменных материалов, а также повышение устойчивости плит, что обеспечивает больший срок службы, сокращение затрат на их ремонт и содержание.

Дорожная одежда со сборно-монолитным покрытием включает в себя следующие конструктивные слои: верхний слой покрытия (сборная часть толщиной 6...12 см); нижний слой покрытия (толщина монолитной части определяется расчетом) и основание (рис. 20.8).

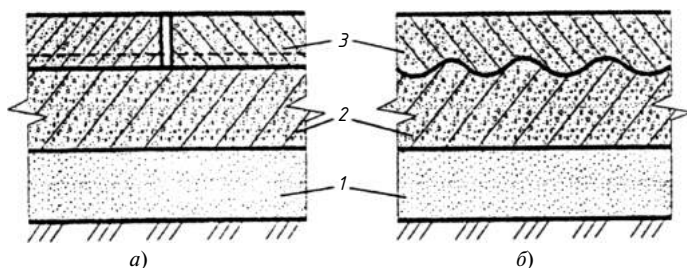


Рис. 20.8. Сборно-монолитное цементобетонное покрытие:
а — поперечный разрез; б — продольный разрез; 1 — основание; 2 — нижний (монолитный) слой покрытия; 3 — верхний (сборный) слой покрытия

20.4. Технология строительства цементобетонных покрытий

Транспортирование цементобетонной смеси. Готовые бетонные смеси транспортируют к месту укладки автомобилями-самосвалами, ав-

тобетоновозами или автобетоносмесителями. Кузова автомобилей-самосвалов должны быть водонепроницаемыми, иметь исправные затворы и гладкую поверхность. В автобетоносмесителях транспортируют на объект отдозированные на заводе сухие компоненты бетонной смеси. Затворение бетонной смеси водой и ее перемешивание производят на строительном объекте под наблюдением лаборанта или мастера. Дозировку воды принимают по заводским составам и уточняют опытным путем. Продолжительность перемешивания составляет не менее 4...5 мин.

Применяемые способы транспортирования бетонных смесей должны исключать возможность попадания в них атмосферных осадков, нарушения однородности, потери цементного раствора, а также обеспечивать предохранение смеси в пути от воздействия ветра и солнечных лучей. Доставленная с завода к месту укладки бетонная смесь должна иметь заданную подвижность, однородность и требуемый объем вовлеченного воздуха.

Для максимального использования производительности комплекта бетоноукладочных машин и получения бетона однородного состава смесь выпускают равномерно и непрерывно в течение смены. Количество транспортных средств устанавливают и корректируют с учетом дальности транспортирования смеси и полной загрузки комплекта машин по устройству покрытия и исключения перерывов в подаче смеси к месту укладки.

Таблица 20.3

Максимальная продолжительность транспортирования бетонной смеси

Марка смеси по удобоукладываемости	Средняя скорость транспортирования, км/ч	Продолжительность транспортирования, мин	
		автобетоносмесителем	автосамосвалом
Ж2 — Ж1	30	210	60
П1		210	60
П2		150	40
П3 — П5		90	30

Примечание. При изменении температуры смеси или окружающей среды максимально допустимую продолжительность транспортирования определяют опытным путем.

Кузова автобетоновозов или автомобилей-самосвалов после выгрузки бетонной смеси промывают водой. Максимально допустимая продолжительность транспортирования бетонной смеси, готовой

к использованию, при температуре воздуха от 20 до 30 °С (при температуре смеси 18...20 °С) приведена в табл. 20.3.

Строительство покрытий комплектом машин, перемещающихся по рельс-формам. До 1960-х годов преобладал метод укладки бетона в опалубке из инвентарных рельс-форм, устанавливаемых под нивелир и закрепляемых к основанию штырями и одновременно образующих два рельсовых пути для движения машин бетоноукладочного комплекта. Недостатками этого метода являются: трудоемкость установки, снятия и перевозки рельс-форм, когда многие операции выполняются вручную; большая металлоемкость комплекта и в первую очередь из-за необходимости иметь большое число рельс-форм (общая длина звеньев — не менее 1 км, а масса — не менее 60 кг/м); малая мобильность комплекта и необходимость применения прицепов-тяжеловозов при перемещении бетоноукладочного комплекта даже на небольшие (0,1...0,5 км) расстояния. В то же время метод позволяет гарантировать уплотнение бетонной смеси и отделку поверхности покрытия за счет дополнительных проходов бетоноотделочной машины; обеспечить постоянство толщины бетонного покрытия за счет применения профилировщика основания, движущегося по рельс-формам и готовящего основание под отметки, равноудаленные от головок рельс-форм; применять бетонные смеси различной консистенции, включая и жесткие, уплотняемые при совмещении вибрации с прес-сующим воздействием.

Работам по установке рельс-форм предшествует инструментальная разбивка и закрепление в натуре оси или одной из кромок будущего покрытия и его вертикальных отметок. Положение в плане кромки покрытия, определенное с помощью теодолита, фиксируют деревянными колыями или металлическими штырями, которые после этого забивают по нивелиру под проектную отметку поверхности покрытия.

Установку рельс-форм, так же как их погрузку и выгрузку, производят автомобильным краном. Их установку выполняют вначале по одной кромке, где по результатам инструментальной геодезической разбивки выставлены вертикальные отметки и зафиксировано положение кромки в плане. Когда одна нитка звеньев установлена в проектном положении и закреплена, с помощью шаблонов и уровня под контролем геодезиста монтируют вторую нитку рельс-форм. Перед установкой рельс-форм необходимо обеспечить достаточную плотность основания под их подошвами.

В комплект машин, перемещающихся по рельс-формам, входят машины, осуществляющие распределение, уплотнение и отделку бетона.

Кроме того, в комплект могут входить также машины для устройства деформационных швов, нанесения пленкообразующих материалов в целях ухода за бетоном, монтажа и демонтажа рельс-форм.

Установку арматуры, как и установку закладных деталей швов сжатия и продольного шва, осуществляют до начала или в процессе бетонирования.

Первый отечественный комплект рельсовых машин, созданный в 1947 г. и выпускавшийся до 1952 г., состоял из самоходного бункерного распределителя бетонной смеси с боковой загрузкой Д-181А, самоходной бетоноотделочной машины Д-182А и мостика для нарезки швов виброножами Д-195Б.

В 1957 году Николаевским заводом «Дормашина» был изготовлен новый комплект самоходных рельсовых бетоноукладочных машин, который состоял из профилировщика основания Д-345, бункерного распределителя Д-375, бетоноотделочной машины Д-376, машины для устройства швов Д-377, нарезчика швов в затвердевшем бетоне Д-432. Все машины передвигались по облегченным конструкциям рельс-форм Д-280-4М-00.

Необходимость увеличения темпов укладки цементобетонных покрытий и повышения их качества и ровности привела к созданию и освоению в 1970 г. производства нового гидрофицированного комплекта линейных машин. В состав комплекта входили профилировщик ДС-509, шнековый бетонораспределитель ДС-507 и бетоноотделочная машина ДС-508.

Технология строительства покрытий бетоноукладчиками со скользящими формами (рис. 20.9). В настоящее время применяют в основном прогрессивную технологию устройства цементобетонных покрытий в скользящих формах.



Рис. 20.9. Строительство цементобетонного покрытия бетоноукладчиком со скользящими формами

Идея безрельсовой укладки дорожного бетона появилась в США. В 1948 году были проведены первые опыты по строительству цементобетонных покрытий в подвижной опалубке. Однако широкая реализация безрельсовой укладки бетонной смеси стала возможной только после создания надежных автоматических систем — основы достижения достаточно высокой ровности покрытия, устраиваемого без боковой опалубки. Впервые самоходный бетоноукладчик со скользящими формами был выпущен США в 1955 г. С этого момента серийный выпуск таких машин получил быстрое развитие.

В России начиная с 1975 г. на заводе «Брянский арсенал» был налажен выпуск комплектов бетоноукладочных машин ДС-110 по типу машин «Автогрейд» американской фирмы СМІ.

Ведущими производителями бетоноукладочной техники сегодня являются фирмы Gomaco и СМІ (США), Wirtgen (Германия), Massenza (Италия) и др.

Все фирмы выпускают бетоноукладчики малого, среднего и большого классов с шириной укладки соответственно до 6, 12 и 16 м. Современные модели бетоноукладчиков имеют возможность изменения ширины бетонирования в больших пределах, что обеспечивает универсальность их применения для различных условий строительства.

Все модели современных бетоноукладчиков оснащаются автоматическими системами выдерживания курса и уровня, а отдельные — системой стабилизации поперечного уклона, что позволяет укладывать цементобетонное покрытие с высокой ровностью.

В качестве базы для работы автоматических систем используется в основном копирная струна с вынесенными на нее проектными отметками продольного профиля. Точность и тщательность установки струны во многом определяют качество устраиваемого покрытия и в первую очередь его ровность.

До начала работ по установке копирных струн должны быть закончены все работы по отсыпке земляного полотна.

Копирные струны устанавливают с двух сторон для работы бетоноукладчика со скользящими формами. Допускают установку одной копирной струны для работы профилировщика с системой поперечной стабилизации уровня распределителя бетонной смеси, бетоноотделочной машины и машины для нанесения пленкообразующих материалов. Линию копирной струны разбивают с помощью теодолита и нивелира на 0,5...1 м по высоте и на 7 м от оси дороги. Струну закрепляют в кронштейнах на стойках, располагаемых через 4...6 м на кривых и через 15 м на прямых участках дороги общей длиной не менее

суточной захватки потока по устройству данного конструктивного слоя. Копирные струны натягивают с помощью натяжных барабанов, устанавливаемых в створе линии натяжения струны (рис. 20.10).

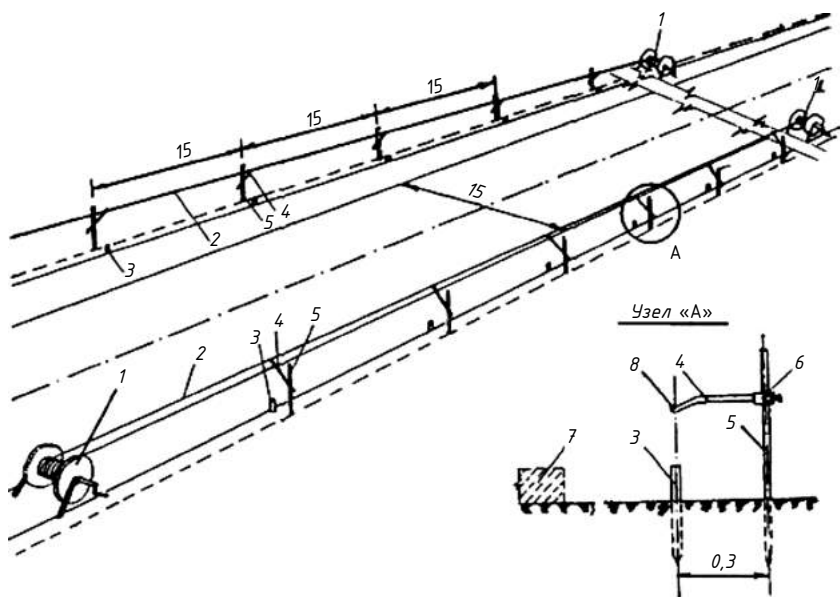


Рис. 20.10. Схематичный план участка установки копирных струн:
1 — натяжной барабан и лебедка; 2 — копирная струна; 3 — нивелирный колышек; 4 — поперечная штанга; 5 — металлическая стойка; 6 — струбина; 7 — устраиваемое основание (покрытие); 8 — прорезь для струны.

В последнее время большое значение придают совершенствованию системы управления бетоноукладочными машинами. Использование лазерного контроля обеспечения высотного уровня и курса движения бетоноукладчика, а также применение системы глобального позиционирования GPS или ГЛОНАСС позволяют отказаться от трудоемкой операции по установке копирных струн.

Номенклатура машин для устройства цементобетонных покрытий, производимых фирмами, включает не только бетоноукладчики, но и профилировщики для подготовки основания, распределители бетонной смеси, машины для создания текстуры поверхности и ухода за бетоном.

Планировку земляного полотна и оснований выполняют универсальной автоматизированной машиной — профилировщиком.

Первой операцией при планировке грунта является его рыхление. Фрезу устанавливают на необходимую глубину зарезания. При рыхлении (фрезеровании) грунта профилировщик перемещается со скоростью до 15 м/мин. В конце участка вращение фрезы приостанавливают, поднимают ее в транспортное положение, а профилировщик возвращают на транспортной скорости к началу участка для выполнения следующей операции — распределения и планировки грунта. Завершающей операцией является чистовая планировка, после которой поверхность земляного полотна должна быть ровной, иметь проектный поперечный уклон и быть спланированной под проектные отметки.

Окончательно земляное полотно укатывают катками на пневматических шинах. Уплотнение грунта заканчивают при достижении коэффициента уплотнения 0,98...1. Работу по планировке, как правило, ведут в две смены.

После окончательной подготовки верха земляного полотна профилировщик используют для устройства основания, например, из цементогрунтовой смеси, приготовленной в установке. Цементогрунтовую смесь доставляют автомобилями-самосвалами и выгружают по расчету на земляное полотно. Планировку смеси профилировщиком выполняют, как правило, за один проход при скорости движения 10...15 м/мин.

Уплотнять смесь катками начинают сразу же после планировки ее профилировщиком и заканчивают не позднее 4...6 ч после приготовления смеси в смесительных установках. Уплотняют цементогрунтовую смесь пневматическими катками. Укатывать начинают двумя проходами по краям основания с последующим смещением к середине с перекрытием полос на 25...30 см. Чистовая планировка является завершающей операцией по устройству цементогрунтового основания, в результате которой основание должно быть тщательно спланировано под проектную отметку и необходимый поперечный уклон. Для выполнения данной операции установку и регулирование рабочих органов профилировщика следует проводить с особой точностью. Уход за основанием с применением пленкообразующих материалов организуют сразу же после чистовой отделки основания профилировщиком. До выполнения чистовой профилировки основание увлажняют, чтобы оно не высыхало.

К работе по строительству цементобетонного покрытия приступают после завершения подготовительных работ, включая подготовку путей подвоза бетонной смеси, готовность к работе ЦБЗ и бетоноукладочного комплекта, наличие материалов для ухода за бетоном и т.д.

Обочины, по которым к бетоноукладчику будет доставляться цементобетонная смесь, должны быть укреплены и тщательно спланированы.

В качестве основных уплотняющих органов на бетоноукладчике используют гидравлические или электрические глубинные вибраторы. Типовая схема рабочих органов бетоноукладчика включает распределяющий шнек, дозирующий брус, глубинные вибраторы, трамбуемый брус и формующую плиту.

В качестве дополнительного оборудования на бетоноукладчики устанавливается оборудование для армирования поперечных и продольных швов, а также боковой грани покрытия. Эффективность отделки покрытия и особенно мест погружения арматурных штырей достигается применением экструзионного бруса, совершающего возвратно-поступательные движения поперек полосы укладки, и продольной выглаживающей плиты, совершающей сложные возвратно-поступательные движения вдоль укладываемой полосы и одновременное перемещение поперек полосы.

Перед началом работ по укладке бетонной смеси проверяют правильность установки копирных струн на захватке. Размечают места расположения швов сжатия и расширения и устанавливают с помощью геодезических приборов металлические марки, к которым в дальнейшем приваривают каркасы швов сжатия и прикрепляют деревянные прокладки со штырями для швов расширения. Стальные каркасы швов сжатия крепят в верхней плоскости марок сваркой, а промежуточные участки дополнительно закрепляют костылями из стержневой арматуры. Для крепления деревянных прокладок швов расширения используют стальные кронштейны.

Система для армирования поперечных швов позволяет автоматически устанавливать штыри в процессе укладки покрытия и отказаться от технологии, предусматривающей размещение штырей на основании в специальных корзинах перед укладкой бетона. При этом отпадает необходимость использования распределителя, а самосвалы могут разгружаться на основание непосредственно перед бетоноукладчиком.

При необходимости строительства армобетонных покрытий, когда в виде каркасов или сеток они заранее устанавливаются на основание и заезд на него самосвалов с бетонной смесью невозможен, применяется специальный распределитель с боковой загрузкой.

Для соединения полос укладки между собой применяется не только штыревое соединение, но и соединение в виде шпунта или синусоидального профиля, обеспечивающее эффективное распределение нагрузки между отдельными полосами в процессе эксплуатации.

Ряд моделей бетоноукладчиков позволяет реализовать принципиально отличную от общепринятой технологию укладки двухслойного покрытия. При этой технологии бетоноукладчик укладывает одновременно два слоя из различных бетонных смесей. Бетонная смесь нижнего слоя распределяется непосредственно на основание перед бетоноукладчиком и обрабатывается рабочими органами, установленными в передней части машины, а цементобетонная смесь для устройства верхнего слоя подается транспортером в заднюю часть укладчика, где также установлены распределяющие, дозирующие, уплотняющие и формирующие рабочие органы.

Уход (защиту свежееуложенного бетона от высыхания) начинают немедленно после отделки поверхности покрытия. Основным способом ухода является применение пленкообразующих веществ. Для нанесения шероховатости на поверхности покрытия и ухода за бетоном выпускаются специальные модели машин. Машины оснащены распределительной системой, состоящей из бака, насоса, распределительной трубы и форсунок, количество которых зависит от ширины обрабатываемой полосы по уходу за бетоном и направляющих, на которых смонтирована щетка для придания шероховатости поверхности покрытия. Дополнительно на машинах может быть установлен барабан с полиэтиленовой пленкой для защиты свежееуложенного бетона от внезапно выпавшего дождя.

Швы в затвердевшем бетоне нарезают при достижении бетоном прочности 8...10 МПа нарезчиками швов с алмазными дисками (рис. 20.11).



Рис. 20.11. Нарезчик деформационных швов

Герметизация швов в цементобетонном покрытии включает в себя следующие операции: продувка сжатым воздухом (при влажном бетоне — продувка горячим воздухом); запрессовка уплотнительного шнура; обработка стенок шва праймером; герметизация.

Для герметизации всех видов швов используют герметики холодного или горячего применения. Герметики холодного применения созданы на основе синтетических каучуков и, как правило, состоят из пасты и отвердителя. Герметики холодного применения используют с помощью пневмошприцев и заливщиков для двухкомпонентных герметиков.

Герметизирующие материалы горячего применения включают битумы нефтяные, дробленую резину, смягчители, пластификаторы, наполнители, полимерную добавку. Применение праймера (полимерной композиции) значительно удлиняет срок эксплуатации покрытия с герметичными швами.

Для разогрева мастик созданы специальные автоматические котлы с двойными стенками, термоконтролем и системой подачи мастики в швы (рис. 20.12). Растапливаемый материал опосредованно разогревается теплоносителем, в качестве которого применяют термомасло. Этим достигается щадящий режим плавления и разогрева мастики. Теплоноситель подогревают при помощи газового, масляного или дизельного обогрева. В емкости для разогрева мастики смонтирована установка принудительного перемешивания. Разогретую до нужной температуры мастику подают через сливной шланг и специальную пикну с помощью нагнетающего насоса непосредственно в шов. Котлы-заливщики монтируют на одноосной или двухосной ходовой части. Созданы и самоходные котлы с гидравлическим приводом на ведущее колесо, которые могут самостоятельно, без буксирующей машины, двигаться вдоль швов при их герметизации. Требования к относительному удлинению герметизирующих мастик представлены в табл. 20.4.



Рис. 20.12. Установка для разогрева мастик и герметизации швов

Таблица 20.4

Требуемое относительное удлинение мастик для герметизации швов

Длина плит, м	Средняя ширина деформационного шва, мм	Требуемое относительное удлинение мастики, %	
		в умеренных климатических условиях (+20...–20 °С)	в суровых климатических условиях (+30...–50 °С)
5	5	80	160
	10	40	80
	20	20	40
	30	13	27
10	5	160	320
	10	80	160
	20	40	80
	30	27	53
20	5	320	640
	10	160	320
	20	80	160
	30	53	107

В последние годы для герметизации швов стали использовать технологию закатки в шов специальных эластичных резиновых профилей. В этом случае возможно проведение работ даже в сырую погоду и при низких температурах. Для установки профилей разработаны специальные машины. Размер профиля должен на 40% превышать ширину шва.

20.5. Строительство монолитных армобетонных и непрерывно-армированных цементобетонных покрытий

Распределение и уплотнение бетонной смеси, а также отделку поверхности бетона при строительстве монолитных армированных покрытий автомобильных дорог выполняют аналогично технологии строительства монолитных цементобетонных покрытий. Армирование производят сварными сетками заводского изготовления или продольными стержнями. Допускается изготовление сеток в построечных

условиях. Сетки размещают равномерно по длине покрытия и не доводят до поперечных швов на 50 см. Между сеткой и штыревым соединением в поперечном шве устанавливают расстояние не менее 25 см. Между осями продольных стержней расстояние должно быть 100...200 мм.

Установку арматуры осуществляют или до начала бетонирования — в процессе подготовительных работ, или в процессе бетонирования с помощью вибропогружателей.

Установка арматуры до бетонирования возможна только при использовании распределителей бетонной смеси с боковой загрузкой. Исключение составляет краевая продольная арматура бетонных покрытий, устраиваемых на песчаном основании, которая не мешает движению автосамосвалов, подвозящих бетонную смесь. Стержни краевой арматуры укладывают на подставки из арматурной стали диаметром 10...12 мм или на заранее изготовленные бетонные подкладки. Сварные сетки устанавливают на специальные Г-образные подставки, которые заранее приваривают к стержням сетки. Расстояние между низом глубинных вибраторов и верхом арматуры должно составлять 5...7 см.

Непрерывно-армированные бетонные покрытия представляют собой монолитные конструкции, армированные непрерывной ненапрягаемой арматурой по всей длине покрытия. Температурные поперечные швы в таких конструкциях отсутствуют, а их функции частично выполняют трещины, образующиеся в процессе эксплуатации покрытия.

Основные преимущества непрерывно-армированных покрытий:

- повышенная деформативность и лучшая сопротивляемость изгибающим усилиям от воздействия повторных транспортных нагрузок и изменений температуры внешней среды;
- лучшие эксплуатационные качества, достигаемые за счет отсутствия поперечных швов, что в значительной степени уменьшает динамические напряжения при наезде колес автомобилей на неровности покрытия;
- простота технологии и возможность широкой механизации процессов производства работ.

Первое цементобетонное покрытие с непрерывно армированной продольной арматурой было построено и испытано в 1921 г. в США. Затем в течение 30 лет было построено еще несколько участков дорог с такими покрытиями в различных штатах США, и уже к 1975 г. их общая протяженность достигла более 20 тыс. км. В России непрерывно-армированные цементобетонные покрытия впервые были построены

по проекту и при научном сопровождении специалистов кафедры строительства и эксплуатации дорог МАДИ Коновалова С.В. и Малицкого Л.С. на улицах г. Москвы в 1972...1974 гг. Этот тип бетонного покрытия находит широкое применение в Бельгии, Германии, Нидерландах, США, Швеции, Швейцарии и других странах.

Расчет количества потребной арматуры P (%) проводят из условия восприятия усадочных и температурных деформаций бетона и, следовательно, обеспечения минимального раскрытия трещин по формуле

$$P = (1,3 - 0,2F) \frac{R_{б,р}}{R_a - nR_{б,р}} 100,$$

где $n = E_a/E_{б,р}$; $E_{б,р}$ — модуль упругости бетона, МПа; $R_{б,р}$ — прочность бетона при растяжении, МПа; E_a — модуль упругости арматуры, МПа; R_a — прочность арматуры при растяжении, МПа; F — коэффициент трения бетона по основанию.

Толщину бетонной плиты определяют расчетом как для неармированного покрытия и затем ее уменьшают пропорционально эквивалентной площади арматуры.

Расстояние между трещинами L и их раскрытие ΔL определяют по следующим формулам:

$$L = \frac{R_{б,р}^2}{\tau g P^2 n (z E_{б,р} - R_{б,р} + \alpha t E_{б,р})};$$

$$\Delta L = \frac{R_{б,р}^2}{\tau g P^2 E_a},$$

где τ — сцепление бетона с арматурой, МПа; $g = P/F_a$; z — коэффициент усадки; t — перепад температуры в течение года, °С; P — периметр поперечного сечения покрытия, м; F_a — площадь поперечного сечения, м².

В непрерывно армированных покрытиях развивается большое число поперечных трещин с частотой, пропорциональной количеству продольной арматуры.

Большинство поперечных трещин образуется очень рано, и далее их число становится функцией времени. Равновесие наступает к десяти годам эксплуатации покрытия. Ширина трещин зависит от количества арматуры. Чем больше процент армирования, тем уже трещины. Ширина их возрастает со временем. Средние расстояния между трещинами и ширина их раскрытия при толщине плит 18...20 см после десяти лет эксплуатации представлены в табл. 20.5.

Таблица 20.5

**Средние расстояния между трещинами и ширина их раскрытия
в зависимости от процента армирования покрытия**

Процент армирования	Расстояние между трещинами, см	Ширина раскрытия трещин, мм
0,3	365	0,86
0,5	240	0,58
0,7	180	0,41
1,0	150	0,23

Строительство непрерывно армированных покрытий осуществляют по двум схемам:

1) с вибропогружением сетки в проектное положение после распределения бетонной смеси;

2) предварительной установкой арматурных сеток на основании.

Непрерывность армирования достигается за счет укладки арматурных стержней внахлестку в продольном и поперечном направлениях на расстоянии, равном 30...35 и 20 диаметров стержней соответственно (рис. 20.13).



Рис. 20.13. Устройство непрерывно армированного цементобетонного покрытия

Особенности конструкции в каждом конкретном случае определяются технологической схемой производства работ. Например, при укладке бетона в один слой возможно применение арматурных сеток из стержней диаметром 14...20 мм с размерами ячеек, достаточными для прохождения бетона через заранее выложенные на подставках сетки. При укладке бетона в два слоя сетки раскладывают по уложен-

ному нижнему слою бетона. Рабочую арматуру по высоте сечения располагают на расстоянии $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{2}$ от верха плиты. Поперечную распределительную арматуру располагают через 25...70 см.

Непрерывно армированные покрытия и основания устраивают неограниченной длины и прерывают их только перед искусственными сооружениями. Концевые участки покрытия могут быть заанкерены неподвижными упорами поперечного траншейного или свайного типа.

Поперечные траншейные анкеры устраивают шириной 0,3...0,6 м, глубиной 0,3...1,2 м, располагая их по 3...15 шт. через 3,4...6,1 м.

Анкеры траншейного типа устраивают в такой последовательности: отрытие траншей экскаватором; установка в траншеях арматурных каркасов или сеток; укладка и уплотнение бетонной смеси с отделкой верхней поверхности бетонных шпор. Арматурные каркасы, размещенные в траншее, имеют выпуски, которые сваривают в последующем с непрерывной арматурой покрытия. Верхнюю поверхность бетонных шпор устраивают по типу шпунта (рис. 20.14).

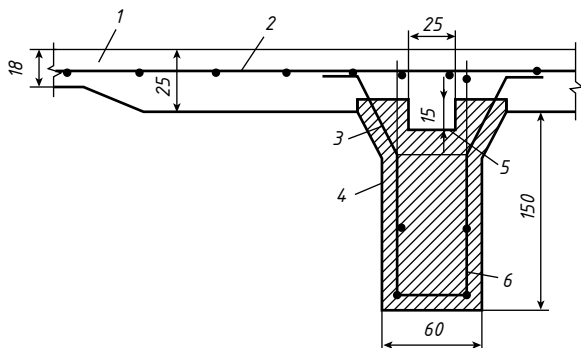


Рис. 20.14. Деталь сопряжения анкера с плитой покрытия:
1 — бесшовная плита покрытия; 2 — непрерывная арматура;
3 — дополнительные арматурные отгибы; 4 — бетонная шпора;
5 — продольный паз в шпоре; 6 — арматурный каркас

Бетонирование анкеров траншейного типа производят без устройства опалубки. Опалубку применяют только при наличии сыпучих грунтов.

Свайные анкеры закладывают в пробуренных скважинах диаметром 0,46...0,62 м и глубиной 1,53...2,44 м (рис. 20.15). Эти анкеры располагают в три — десять рядов при расстоянии между ними 12,2 и 15,3 м и при одной — трех сваях в ряду.

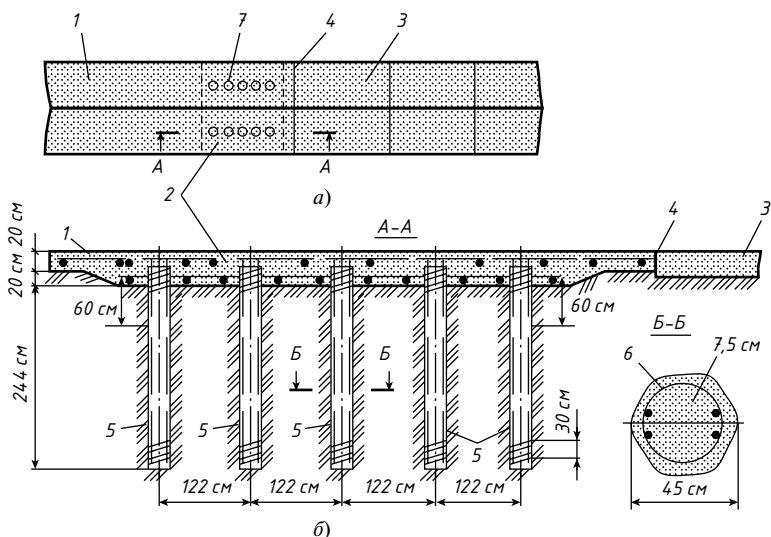


Рис. 20.15. Свайный анкерный упор:

a — план; *б* — разрез; 1 — непрерывно армированная плита; 2 — утолщенная часть плиты; 3 — обычное бетонное покрытие; 4 — шов расширения со штырями; 5 — сваи со спиральной арматурой в головной части и у подошвы сваи; 6 — спираль; 7 — свайные анкеры

В некоторых случаях для сопряжения непрерывно армированных плит и смежного с ним бетонного покрытия обычного типа укладывают серию коротких армированных плит с обычными швами расширения. Другим решением проблемы обеспечения подвижности является устройство на стыке непрерывно армированной плиты и покрытия обычного типа специального шва, способного воспринимать расчетную подвижную нагрузку конца плиты.

20.6. Строительство оснований и покрытий из укатываемых бетонов

Отличительными особенностями применения жестких бетонных смесей является меньший расход цемента по сравнению с традиционными смесями, возможность открытия движения транспорта по вновь устроенному покрытию сразу же после укатки, простота технологии строительства оснований и покрытий, низкая трудоемкость работ, высокая экономическая эффективность.

Выполненные исследования в России и за рубежом показали возможность значительного улучшения свойств укатываемых бетонов за счет оптимального проектирования состава смеси, введения микрозаполнителей (в частности, золы-уноса ТЭЦ) и поверхностно-активных веществ.

Подбор состава укатываемого бетона производят общепринятым методом: с расчетом состава смеси по методу «абсолютных объемов» и последующим экспериментальным уточнением состава. Состав бетона подбирают по требуемой прочности бетона на растяжение при изгибе с последующей проверкой требуемой прочности бетона при сжатии и морозостойкости. Если подобранный по условию прочности состав бетона гарантированно не обеспечивает необходимую морозостойкость, то окончательный состав бетона подбирают по условиям морозостойкости.

Приготовление жесткой бетонной смеси проводят в основном на бетонных заводах в смесителях принудительного перемешивания циклического или непрерывного действия. Укладку жесткой бетонной смеси производят бетоноукладчиками, асфальтоукладчиками, а также автогрейдерами, бульдозерами или другими аналогичными машинами. Прочность укатываемого бетона в значительной степени зависит от качества его уплотнения вибрационными катками. Порядок уплотнения бетонной смеси следующий: вначале вибрационный каток делает один-два прохода без вибрации, чтобы не нарушить качество ровной поверхности бетона, затем шесть — восемь проходов с вибрацией. Заключительное уплотнение производят без вибрации за один-два прохода. Уплотнению краевых участков должно уделяться особое внимание. Лучшие результаты достигаются, если перед укладкой бетонной смеси были установлены металлические рельс-формы, которые осуществляют боковое сдерживание бетонной смеси при уплотнении виброкатком.

В процессе уплотнения жесткой бетонной смеси благодаря цилиндрической форме вальца катка давление пригруза меняется. При рыхлой смеси площадь соприкосновения наибольшая, а давление наименьшее, но по мере уплотнения площадь соприкосновения уменьшается, а давление возрастает. Кроме того, поступательное движение вальца катка и его вибрация вызывают сдвигающие усилия в бетонной смеси, что способствует максимальному уплотнению смеси.

Одним из способов предотвращения появления отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии, укладываемом на жесткое основание, является уменьшение длины плиты укатанного бетона за счет

нарезки температурных швов. В отечественной практике строительства дорог укатываемый бетон в достаточно больших объемах был применен при реконструкции Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД). К укатываемому бетону предъявлялись следующие требования: класс бетона по прочности на растяжение при изгибе — B_{fb} 1,6; класс бетона по прочности на сжатие — B 7,5; марка бетона по морозостойкости — $F50$ (по первому методу — ГОСТ 10060—95).

Кажущаяся простота технологии уплотнения жесткой бетонной смеси методом укатки выявила и определенные трудности, возникающие перед строителями при устройстве бетонного основания этим методом. Вследствие особенностей линейного строительства протяженных конструкций дорожных одежд (в частности, из-за необходимости обеспечить перед катком 20...30 пог. м распределенной бетонной смеси) трудно обеспечить равномерность бетонных смесей перед началом работы катков. Жесткие бетонные смеси чрезвычайно «чувствительны» к технологическому фактору времени, существенно влияющему на сохранение уплотняемости этих смесей во времени. При устройстве основания из укатываемых бетонов может формироваться неоднородная по плотности и прочности структура бетона в основании. Критерием достаточного уплотнения служит отсутствие следа на поверхности бетонного основания после прохода тяжелого катка.

Укладка асфальтобетонного покрытия по основанию из укатываемого бетона производится сразу после его уплотнения, в связи с чем отпадает необходимость в проведении мероприятий по уходу за бетоном. В тех случаях, когда по каким-либо причинам между уплотнением бетонного основания и устройством покрытия имеется разрыв во времени, бетон защищают от испарения из него влаги обычными методами с применением пленкообразующих материалов.

20.7. Особенности строительства цементобетонных покрытий при пониженной температуре воздуха

В целях продления строительного сезона устройство цементобетонных покрытий и оснований иногда осуществляют при пониженных температурах воздуха (ниже $+5^{\circ}\text{C}$). Целесообразность проведения этих работ должна быть предварительно обоснованна, так как строи-

тельство в условиях пониженных температур связано с дополнительными затратами.

С понижением температуры период схватывания цемента увеличивается, а скорость твердения бетона уменьшается. При отрицательных температурах (ниже -5°C) твердение бетона практически прекращается. Замерзание бетона в раннем возрасте существенно ухудшает его свойства — снижает конечную прочность и морозостойкость. Образование в свежесложенном бетоне при постепенном его замерзании ледяных линз разрушает стенки пор и капилляров еще неокрепшей структуры бетона. Попеременное замораживание и оттаивание бетона в раннем возрасте также расшатывает его еще слабую, несформировавшуюся структуру, и прежде всего на контактах вяжущего с заполнителем.

Для устранения неблагоприятного воздействия пониженных температур на структуру и свойства дорожного бетона разработаны и применяются различные методы зимнего бетонирования. Сущность методов сводится к тому, чтобы обеспечить до замерзания воды в бетоне набор им по крайней мере 50% проектной прочности. К этим методам относят: снижение температуры замерзания воды затворения и ускорение твердения бетона путем введения химических добавок (метод «холодного бетона»); сохранение тепла в бетоне после его укладки и уплотнения (метод «термоса»); электроразогрев бетонной смеси.

Применение противоморозных добавок, вводимых в воду затворения для приготовления бетонной смеси, позволяет, не повышая температуры бетона до положительных значений, интенсифицировать его твердение. В качестве противоморозных добавок в настоящее время кроме хлористых солей (хлористого натрия ХН и хлористого кальция ХК) применяют нитрит кальция (НК), нитрит натрия (НН), нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК), а также соединения на основе мочевины: мочевины (М), нитрит кальция с мочевиной (НКМ), нитрит-нитрат-хлорид кальция с мочевиной (ННХК+М).

Рекомендуемые дозировки некоторых противоморозных добавок приведены в табл. 20.6.

Метод «термоса» заключается в устройстве на поверхности цементобетонного покрытия (основания) слоя термоизоляции для сохранения тепла, внесенного в бетон при приготовлении смеси и выделяемого при гидратации цемента. Применение метода термоса при строительстве бетонных покрытий и оснований возможно только в сочетании с другими методами зимнего бетонирования.

Таблица 20.6

**Рекомендуемые дозировки противоморозных добавок,
используемых при приготовлении бетонных смесей**

Противо- морозные добавки	Количество безводных добавок (%) массы цемента, при расчетной температуре бетона (°C)				
	от 0 до –5 °C	от –6 до –10 °C	от –11 до –15 °C	от –16 до –20 °C	от –21 до –25 °C
НН	4...6	6...8	9...10	9...10	—
ХК+ХН	(1...3)... (2...3)	(3...3,5)... (2,5...4)	(3...4,5)... (3,5...5)	(2,5...6)... (3...7)	—
НКМ	3...5	6...9	7...10	9...12	—
ННХК	3...5	6...9	7...10	8...12	10...14
ННХК+М	(1...2)... (1...4)	(2,5...6)... (3...8)	(2,5...6)... (3...8)	(2...7)... (4...9)	(3...8)... (4...10)

Утепление бетона производят сразу после завершения операции по его уплотнению и отделке. Термоизоляционные слои укладывают по битуминированной бумаге, которую аккуратно раскладывают по поверхности свежешелюженного бетона.

Повышение температуры бетонной смеси достигается путем подогрева непосредственно перед смешением ее компонентов — воды и заполнителей. Требуемая температура смеси при выгрузке ее из бетоносмесительной установки зависит от температуры воздуха, длительности транспортирования смеси и принятого метода зимнего бетонирования.

Температура смеси без противоморозных добавок не должна превышать 35 °C для покрытий и 40 °C для оснований. Температура воды в момент ее перемешивания с цементом не должна быть выше +60 °C, а заполнители не следует нагревать до температуры более +40 °C.

Для бетонирования покрытий и оснований в зимних условиях применение цемента, хранившегося более двух месяцев, не разрешается.

Среди методов выдерживания бетона в зимнее время особое место занимает прогрев конструкций, поскольку температурное воздействие на бетон относится к наиболее эффективным способам ускорения его твердения.

Бетон на ранней стадии твердения обладает достаточно хорошей электропроводностью и относится к проводникам второго рода с ионной проводимостью. Включенный в электрическую цепь, он нагревается при прохождении электрического тока, и выделяющееся тепло

способствует интенсификации химического воздействия воды с минералами цементного клинкера.

Форсированный электроразогрев бетона осуществляют непосредственно в конструкции после его укладки и уплотнения с последующим утеплением. Разогрев осуществляют специальными, погружаемыми в конструкции электродами и после достижения требуемой температуры повторно уплотняют. Этот метод более удобен и эффективен, чем предварительный электроразогрев, так как исключаются теплопотери при транспортировании и укладке горячей бетонной смеси. Быстрое схватывание разогретой бетонной смеси при такой технологии не имеет значения, так как горячий бетон повторно уплотняют сразу же после отключения напряжения.

В этом случае разогрев бетонной смеси можно осуществлять до более высокой температуры. Например, при устройстве бетонного основания толщиной 20 см при температуре наружного воздуха -25°C методом форсированного электроразогрева бетона в бетонном слое положительная температура поддерживалась двое суток. За это время бетон успел приобрести критическую прочность, и замораживание его стало неопасным для структуры и свойств.

Независимо от принятых методов зимнего бетонирования существуют общие правила производства работ при пониженных температурах воздуха. Земляное полотно и основание под бетонное покрытие устраивают до наступления заморозков. Непосредственно перед бетонированием поверхность основания очищают от снега и льда.

Для приготовления бетонной смеси применяют песок в оттаянном состоянии и крупный заполнитель без смерзшихся комьев. Бетонный завод специально подготавливают к выпуску смеси в условиях пониженных температур. При транспортировании бетонной смеси, приготовленной на подогретых материалах, автомобили-самосвалы утепляют. Укладку бетонной смеси организуют таким образом, чтобы период между выгрузкой смеси и началом работ по уходу за свежееуложенным бетоном, включающий распределение и уплотнение смеси, отделку поверхности и устройство швов, был возможно более коротким.

При производстве работ устанавливают специальный контроль за температурой твердения бетона и его прочностью. Измерение температуры осуществляют в течение всего периода твердения бетона — начиная с момента укладки смеси до замораживания бетона.

Движение транспорта по бетонному покрытию (основанию), построенному при пониженных температурах, разрешается открывать только после достижения бетоном проектной прочности.

20.8. Строительство сборных и сборно-монолитных покрытий

Укладку плит сборных покрытий производят после завершения строительства земляного полотна и основания. Плиты могут быть уложены на сухую смесь песка с цементом в соотношении 1:10 или на выравнивающие слои из цементопесчаного раствора. При укладке плит непосредственно на песчаное основание плотность его должна быть 0,98...1,0, а влажность — не превышать оптимальную.

Различают две технологии укладки плит с применением автомобильных кранов или кранов на пневмоколесном ходу: «с колес» и из штабелей плит, выставленных на обочине дороги. В некоторых случаях для укладки плит применяют порталные краны, перемещающиеся по рельс-формам.

Используемые краны оснащают специальными захватами, с помощью которых обеспечивают горизонтальное положение плиты в момент укладки ее на основание.

В первую очередь укладывают плиты, примыкающие к оси покрытия, а затем — крайние. После укладки одного полного поперечного ряда кран продвигается вперед по только что уложенным плитам. С одной стоянки кран обычно укладывает четыре — шесть плит.

Стыковые бруски закладывают сразу после укладки плит с разрывом 20...25 м. Бруски готовят из древесины хвойных пород сечением 5×5 см, длиной 100 см.

На укладке плит одним краном обычно занято четыре человека: водитель автомобильного крана (он же крановщик), два стропальщика и рабочий по заделке стыков. Производительность такой бригады составляет 100...150 м покрытия в смену.

При укладке плит добиваются того, чтобы каждая плита опиралась всей нижней поверхностью на основание, в результате укладки была получена поверхность покрытия с заданными уклонами и требуемой ровностью. В процессе монтажа обеспечивают правильное положение стыковых устройств смежных плит и проектную ширину швов.

Процесс строительства дорожных одежд со сборно-монолитными покрытиями состоит из следующих операций: устройства основания; устройства нижнего (монолитного) слоя покрытия; монтажа плит сборной части; вибропосадки плит; заделки швов и углублений для монтажных петель.

Особое внимание уделяют перевозке плит, поскольку их прочность значительно ниже прочности традиционных плит сборных покрытий.

Плиты допускается транспортировать в горизонтальном положении, при этом в штабеле их не должно быть более 3 шт. Деревянные подкладки располагают под монтажными петлями. На складах высота штабеля плит не должна превышать 2 м.

Бетонную смесь рационально приготавливать на строительной площадке или транспортировать на незначительное расстояние автомобилями-самосвалами или автобетоновозами. На основаниях из щебня, шлака и подобных материалов перед выгрузкой смеси устраивают выравнивающий слой из песка толщиной 5 см.

Для устройства нижнего слоя покрытия при помощи нивелира выставляют деревянную, бетонную или инвентарную металлическую опалубку. Высота опалубки должна соответствовать проектной толщине сборно-монолитного покрытия (с учетом запаса на уплотнение). Ширина нижнего слоя принимается на 4...6 см больше проектной ширины покрытия.

Бетонную смесь для монолитного слоя разравнивают при помощи автогрейдера, навесного оборудования к общестроительным машинам. Наилучшие результаты дает специализированный комплект машин.

С помощью глубинных вибраторов доводят коэффициент уплотнения смеси до 0,96...0,97, так как при вибропосадке плит не удается уплотнить смесь монолитного слоя до требуемой величины. При осадке конуса бетонной смеси, превышающей 6...9 см, происходит расслоение смеси при вибропосадке плит, поэтому смесь для нижнего слоя сборно-монолитного покрытия используют относительно жесткую.

Перед укладкой плит проводят проверку ровности нижнего слоя покрытия при помощи шаблона. Максимальный просвет не должен быть больше 5 мм. Промежуток времени между приготовлением бетонной смеси и монтажом плит не должен превышать 60 мин при температуре воздуха 5...20 °С, 45 мин — при 20...25 °С и 30 мин — при температуре свыше 25 °С.

Монтаж плит ведут из штабелей, выставленных вдоль обочин, или непосредственно из кузова автомобиля («с колес») автомобильным краном, располагающимся на обочине.

Для придания плите проектного положения и обеспечения надежного сцепления плиты с монолитным слоем осуществляют ее вибропосадку, которая продолжается 30...50 с. Применяют серийно выпускаемые виброплиты или поверхностные вибраторы. Для плит размером 1,0×1,75 м используют виброрейку с возмущающей силой не менее 6000 Н. При равномерной осадке плиты на 10...15 мм достигается ее полный контакт с монолитным слоем.

После укладки плит удаляют выплески бетонной смеси в швах и заделывают ею углубления монтажных петель. Рабочие швы устраивают по типу швов расширения и по возможности совмещают с ними. Движение транспорта по покрытию можно открывать после достижения бетоном монолитного слоя проектной прочности.

Технологическая схема строительства сборно-монолитного покрытия с использованием комплекта машин приведена на рис. 20.16.

20.9. Контроль качества строительства цементобетонных покрытий

На бетонном заводе контролируют качество материалов для бетона, состав бетонной смеси, ее подвижность (жесткость) и количество вовлеченного воздуха, прочность и морозостойкость бетона. Образцы для определения прочности и морозостойкости бетона должны храниться в специальных помещениях с контролируемыми температурой и влажностью воздуха.

Перед началом строительства цементобетонного покрытия оценивают качество изготовленного основания, его плотность и ровность. В процессе установки копирной струны основным контролируемым параметром является положение струны в плане и профиле с предельными отклонениями от проектной линии: в профиле ± 3 мм; в плане ± 5 мм. Отклонения контролируются измерительными приборами. Натяжение струны контролируют визуально — по отсутствию провисания между стойками.

При производстве работ по устройству цементобетонного покрытия контролируют следующие параметры:

- раскладку и крепление полиэтиленовой прокладки на основании;
- установку и крепление секций арматурного каркаса и сеток;
- правильность установки копирных струн.

При работе распределителя бетонной смеси контролируют:

- ширину и толщину слоя распределяемой смеси;
- соблюдение скоростного режима;
- сплошность распределяемой смеси.

При работе бетоноукладчика контролируют:

- соблюдение режимов работы рабочих органов и скорости движения бетоноукладчика;
- просвет под рейкой длиной 3 м;

- ширину и толщину полосы бетонирования;
- поперечные уклоны;
- толщину защитного слоя бетона для верхней и боковой арматуры;
- геометрию и качество продольных кромок;
- отделку поверхности после прохождения бетоноукладчика.

Высотные отметки контролируют по копирной струне.

При работе машины по уходу за бетоном контролируют:

- нормы розлива пленкообразующего материала;
- равномерность распределения пленкообразующего материала;

При устройстве деформационных швов контролируют:

- своевременность устройства швов;
- геометрические размеры пазов швов;
- состояние кромок пазов швов;
- качество подготовки пазов швов перед их заполнением;
- качество заполнения пазов швов герметиком.

Ровность и поперечный уклон уложенного бетонного покрытия контролируются с помощью трехметровой рейки не реже чем через 20 м в соответствии с ГОСТ 30412—96.

Требования, которые следует выполнять и контролировать их выполнение при устройстве монолитных цементобетонных покрытий, приведены в табл. 20.7.

Таблица 20.7

**Контроль качества производства работ при устройстве
цементобетонных покрытий**

Операционный контроль на месте бетонирования покрытия			
Контролируемые параметры	Величина нормативных требований	Объем испытаний	Метод контроля
Продолжительность нахождения смеси в транспортном средстве, не более, при температуре воздуха, °С: от 20 до 30 менее 20	30 мин 60 мин	Каждую машину	Измерение времени
Удобоукладываемость бетонной смеси, не более	2 см	Не реже одного раза в смену и дополнительно при изменении удобоукладываемости	ГОСТ 7473 ГОСТ 10181

Продолжение

Операционный контроль на месте бетонирования покрытия			
Контролируемые параметры	Величина нормативных требований	Объем испытаний	Метод контроля
Объем вовлеченного воздуха, %	5...7	Не реже одного раза в смену и дополнительно при изменении показателей	ГОСТ 10181 п. 3.8
Плотность бетонной смеси	В соответствии с подбором состава бетона	Не реже одного раза в смену и дополнительно при изменении показателей, ГОСТ 7473	ГОСТ 10181
Прочность бетона по контрольным образцам (на сжатие и на растяжение при изгибе), твердеющим в нормальных условиях	Не ниже проектного класса бетона	Каждую смену, ГОСТ 53231	ГОСТ 10180
Морозостойкость бетона по контрольным образцам, твердеющим в условиях твердения конструкции	Не ниже проектного класса бетона	Не реже чем один раз в 6 мес., СНиП 3.06.03—85	ГОСТ 10060, второй базовый метод или третий ускоренный
Расстояние между стойками для копирной струны, не более: на прямых на криволинейных	15 м 4...6 м	При установке струны	Измерение рулеткой
Отклонение фактических отметок от проектных, не более: для копирной струны облегченной инвентарной опалубки	± 5 ± 5	На каждой стойке На каждом стыке	Нивелирная съемка
Размер ширины паза шва, устанавливаемого с прокладкой (по типу шва расширения)	На 3...5 мм шире толщины прокладки	На каждом шве	Измерение линейкой

Операционный контроль на месте бетонирования покрытия			
Контролируемые параметры	Величина нормативных требований	Объем испытаний	Метод контроля
Глубина бороздок шероховатости на поверхности покрытия	0,5...1,5 мм	Один раз в пять дней и при изменении рисунка шероховатости	Измерение методом «песчаного пятна»
Расход пленкообразующих материалов	В соответствии с рекомендациями по применению	Один раз в смену	Расчетом по расходу на заданную площадь
Равномерность нанесения пленкообразующего материала	Цвет поверхности должен быть однородным	То же	То же

При контроле качества строительства сборных бетонных покрытий проверяют геометрические параметры плит, их внешний вид и качество поверхности в соответствии с требованиями стандартов или рабочих чертежей.

Не реже одного раза в смену (из расчета оценки одной из ста уложенных плит) проверяют качество контактирования сборного покрытия с основанием (выравнивающим слоем) перед сваркой стыковых скоб путем поднятия плиты. В трех поперечниках на 1 км сборного покрытия проверяют превышение граней смежных плит. Оценке подлежит качество заполнения швов герметизирующими материалами.

ГЛАВА 21. УСТРОЙСТВО СЛОЕВ ИЗНОСА, ЗАЩИТНЫХ И ШЕРОХОВАТЫХ СЛОЕВ

21.1. Назначение слоев износа, защитных и шероховатых слоев

При строительстве или реконструкции дорог во многих случаях возникает необходимость устройства слоев износа, защитных и шероховатых слоев, каждый из которых имеет свое основное назначение. Однако во многих случаях их функции совмещаются.

Слои износа устраивают одновременно с покрытием или укладывают на готовое или заканчивающее срок службы покрытие. После уменьшения толщины покрытия за счет износа на расчетную глубину возобновляют слой износа. Этот слой должен обладать требуемой ровностью и шероховатостью, поэтому его строят из самых прочных, износостойких, слабо шлифующихся, водо- и морозостойких материалов. Толщина слоя износа обычно колеблется от 10 до 35 мм.

Защитные слои толщиной от 0,5...1,0 до 10...15 мм устраивают для защиты покрытия от проникания в него поверхностной влаги, т.е. для гидроизоляции покрытия.

Защитные слои можно рассматривать одновременно и как слои износа, и их толщину рассчитывать на срок службы покрытия. Слои, имеющие назначение защитных и слоев износа, устраивают на всех покрытиях облегченного типа, которые строят преимущественно из щебеночных и гравийных материалов, поскольку после укладки и уплотнения они имеют еще остаточную пористость около 20...25%.

В зимний период замерзание воды в пустотах покрытия и в порах минерального материала вызывает их преждевременное разрушение, поэтому после окончания работ по строительству покрытия немедленно укладывают защитный слой.

На переходных покрытиях и основаниях типа щебеночных, гравийных и особенно цементогрунтовых, не обладающих износостойкостью, укладывают защитные слои и слои износа с применением органических вяжущих. Такие слои можно считать самостоятельными тонкослойными покрытиями, так как они будут обладать повышенными технико-эксплуатационными показателями (ровностью, изно-

соустойчивостью, водонепроницаемостью) по сравнению с тем основанием или покрытием, на которое он уложен.

Шероховатые слои различной толщины устраивают для создания шероховатой поверхности на тех покрытиях, у которых параметры шероховатости не обеспечивают требуемые сцепные качества. Основное назначение шероховатых слоев состоит в повышении сцепных качеств покрытий.

Коэффициент сцепления зависит от степени и вида шероховатости покрытия и скорости движения (рис. 21.1).

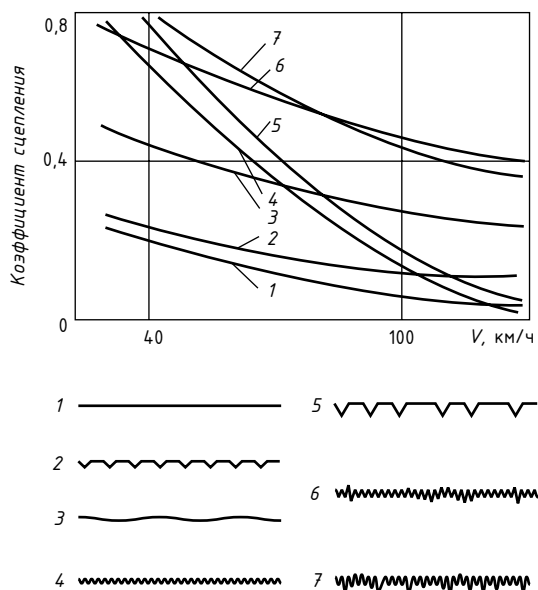


Рис. 21.1. Различные виды шероховатости слоев и покрытий:
1, 2, 3 — непригодные поверхности, излишне гладкие; 4, 5 — небольшая шероховатость, пригодные в городских условиях при движении со скоростью до 60...70 км/ч; 6, 7 — с крупной шероховатостью, пригодные для движения со скоростью более 80...100 км/ч

С учетом условий работы перечисленных слоев каждый из них должен обладать не только свойствами основного назначения, но и в той или иной мере свойствами других слоев. В связи с этим обычно функции защитных слоев, слоев износа и шероховатых слоев совмещаются путем соответствующего подбора гранулометрического состава; требований к прочности, износостойкости, морозостойкости и другим свойствам каменных материалов; требований к виду вяжущего, его

свойствам, нормам расхода; введения различных добавок, а также выбора технологии работ.

Чаще всего устраивают шероховатые коврики износа, которые одновременно выполняют и функции защитных слоев. При этом к толстым относят слои толщиной более 30...35 мм, к тонким — толщиной 20...30 мм, очень тонким — толщиной 15...20 мм и супертонким — толщиной менее 15 мм.

Слои износа, защитные и шероховатые объединяются общими для них способами производства работ: поверхностная обработка, втапливание щебня и укладка слоя смеси, пасты или мастики.

Приведенные на рис. 21.1 поверхности: гладкая 1, с отдельными углублениями 2 и волнистая 3 — не обеспечивают требуемой шероховатости. Для движения со скоростью до 60...70 км/ч допустимы поверхности с малой шероховатостью 4 и 5 с небольшими выступами шероховатости. Для таких слоев применяют мелкозернистый минеральный материал типа крупного песка или острогранных высеков размером 3...8 и 5...10 мм.

Получаемые слои сходны с наждачной бумагой. Поверхности с крупной шероховатостью 6 и 7 пригодны для движения со скоростью более 80...100 км/ч.

Однако при большой скорости движения в дождливую погоду на гладких покрытиях наблюдается явление гидропланирования (рис. 21.2), когда передние колеса теряют соприкосновение с покрытием из-за слоя воды, плохо отжимаемой из пространств между выступами щебня. При гидропланировании, возникающем на скорости автомобиля в пределах 70...100 км/ч, передние колеса не имеют сцепления с покрытием, теряется управление и возможен съезд автомобиля с дороги.

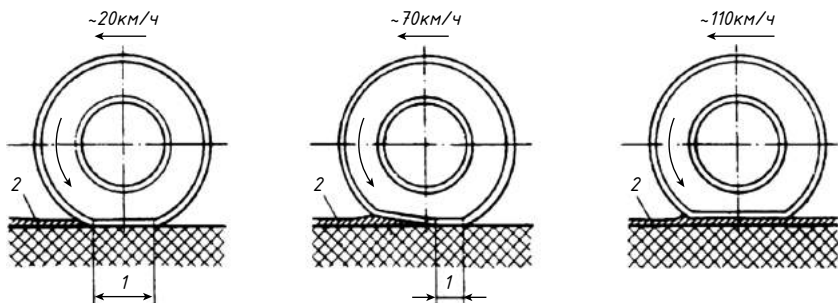


Рис. 21.2. Явление гидропланирования на покрытие с мелкой шероховатостью при повышении скорости движения:
1 — площадь сцепления; 2 — вода

При крупной и равномерной шероховатости слоя гидропланирования не происходит, так как колеса выдавливают воду из углублений между выступами щебня.

Обеспечение шероховатости. Шероховатость, соответствующая требованиям безопасности дорожного движения, обеспечивается комплексным подходом к проектированию и строительству дорожного покрытия и слоя износа на его поверхности. Как правило, слой износа устраивается с шероховатой поверхностью и может представлять собой часть покрытия, не включаемую в расчет по прочности. Слой износа может устраиваться в виде дополнительного тонкого слоя на поверхности покрытия, как правило, из материала, отличного от материала покрытия. В зависимости от требуемого типа шероховатости дорожно-го покрытия используют различные методы ее устройства (табл. 21.1).

Таблица 21.1

Методы устройства шероховатой поверхности на покрытиях дорог

Тип шероховатости	Методы устройства на покрытиях
Асфальтобетонные и другие черные покрытия (при новом строительстве и в период эксплуатации)	
Мелкошипованные	1. Устройство верхнего слоя покрытий из асфальтобетона типа Б, Б_х, Г, Г_х, Д_х с использованием в смесях щебня и дробленого песка из труднополируемых горных пород или щебня разной прочности 2. Поверхностная обработка битумным щебеночным шламом с содержанием до 40% щебня размером менее 15 мм 3. Втапливание черного щебня в поверхность слоя асфальтобетона типов В, В_х, Д_х 4. Устройство слоя износа из песчано-резинобитумных смесей
Мелкошероховатые	1. Устройство верхнего слоя покрытия из горячего асфальтобетона типа «А» с содержанием в смеси 50...60% щебня из труднополируемых горных пород размером до 15 мм 2. Устройство верхнего слоя покрытия из открытых битумоминеральных смесей с содержанием в смеси 55...65% щебня размером до 15 мм 3. Поверхностная обработка с применением битума, эмульсий и щебня
Среднешипованные	1. Втапливание черного щебня в поверхность свежееуложенного асфальтобетона типа В, В_х, Д_х 2. Устройство верхнего слоя из открытых битумоминеральных смесей с использованием щебня размером до 20 мм в количестве 55...65%

Окончание

Тип шероховатости	Методы устройства на покрытиях
	3. Поверхностная обработка с применением битума, эмульсий и щебня
Среднешероховатые	1. Поверхностная обработка с применением битума, эмульсий и щебня 2. Поверхностная обработка битумным шламом с использованием щебня размером до 20 мм в количестве не менее 55% 3. Устройство верхнего слоя из открытых битумоминеральных смесей с использованием щебня размером до 20 мм в количестве 65...85% 4. Втапливание черного щебня в поверхность слоя асфальтобетона типа В, В _х , Д _х
Крупношипованные	1. Устройство верхнего слоя из открытых битумоминеральных смесей с использованием щебня размером до 25 мм в количестве 65...85%
Крупношероховатые	1. Поверхностная обработка с применением битума, эмульсии и щебня
Цементобетонные покрытия (при новом строительстве и в период эксплуатации)	
Мелкошипованные	1. При новом строительстве: обработка поверхности свежеуложенного бетона специальными щетками поперек проезжей части 2. В период эксплуатации: а) обработка поверхности покрытия высокотемпературным пламенем, кислотой или другими химическими веществами; б) поверхностная обработка с применением эпоксидного вяжущего и дробленого песка из труднополируемых горных пород
Мелкошероховатые	1. Нарезка бороздок в поверхностном слое покрытия алмазными дисковыми нарезчиками
Среднешероховатые	1. Устройство верхнего слоя из открытых битумоминеральных смесей с использованием щебня размером до 20 мм в количестве 65...85% или с использованием щебня размером до 25 мм в количестве 55...65%
Крупношипованные	1. Устройство верхнего слоя из открытых битумоминеральных смесей с использованием щебня размером до 25 мм в количестве 65...85%
Крупношероховатые	1. Двойная поверхностная обработка с применением резинобитумного вяжущего и черного щебня размером 20...25 мм для нижнего слоя и 15...20 мм для верхнего слоя

Тип шероховатой поверхности назначают в зависимости от категории дороги: для дорог I категории — $C_{\text{шер}}$ или $K_{\text{шер}}$; II категории — $C_{\text{шер}}$, $K_{\text{шер}}$, $M_{\text{шер}}$; III категории — $C_{\text{шер}}$, $K_{\text{шер}}$, $M_{\text{шер}}$, $K_{\text{шип}}$, $C_{\text{шип}}$; IV и V категории — $K_{\text{шер}}$, $C_{\text{шер}}$, $K_{\text{шип}}$, $M_{\text{шер}}$, $M_{\text{шип}}$.

При создании шероховатой поверхности на покрытиях из асфальтобетонов типа В, В_х, Д_х путем строительства поверхностной обработки с применением битума, битумной эмульсии или втапливания щебня в поверхность свежееуложенного асфальтобетона размер щебня, использованного для создания шероховатости, и начальная глубина впадин макрошероховатости должны быть рассчитаны. При этом необходимо учитывать интенсивность и скорость движения автомобилей, состав транспортного потока, характеристики атмосферных осадков, требования безопасности движения, необходимый срок службы шероховатой поверхности, требования охраны природы, облегчение содержания дорог в холодный период года. Необходимо учитывать и требования экономики: стоимость строительства должна быть наименьшей, шероховатость должна сохраняться в течение заданного периода времени, сопротивление качению автомобильных шин должно быть минимальным. Расчет макрошероховатости заключается в назначении высоты ее неровностей на последний год службы, определении начальной макрошероховатости и микрошероховатости в конце периода работы покрытия или слоя износа, проверке соответствия назначенных параметров макрошероховатости требованиям дренажа воды и др.

Размер шероховатости поверхностной обработки регулируют подбором размера щебня, однако крупношероховатые поверхностные обработки, устраиваемые из щебня размером 15...20 и 20...25 мм, не рекомендуется применять на участках дорог в пределах населенных пунктов, поскольку они способствуют повышению уровня шума от проезжающих автомобилей.

В районах с частыми снегопадами, большими снегопереносами и гололедом влажный снег и лед забивают зазоры между выступами и повышают скользкость покрытий. В связи с этим устройство крупношероховатых покрытий в районах с длительной зимой нецелесообразно. Не имеет смысла устройство шероховатых покрытий в засушливых районах, где основную часть года стоит сухая, жаркая погода.

В зависимости от типа покрытия устраивают одиночную, двойную, а в некоторых случаях тройную обработку, поскольку шероховатая обработка служит слоем износа и защитным слоем покрытия. На асфальтобетонных и усовершенствованных облегченных покрытиях

устраивают преимущественно одиночную поверхностную обработку, а при ремонте цементобетонных покрытий часто устраивают двойную обработку. Устройство шероховатых поверхностей с применением горячих асфальтобетонных смесей с повышенным содержанием щебня предусматривают на автомобильных дорогах I...III категории.

Втапливание щебня в свежееуложенный слой покрытия применяют на дорогах I...III категории. На дорогах III и IV категории с покрытиями из асфальтобетона или из смесей битума с минеральными материалами, приготовленными смешением на дороге, шероховатую поверхность устраивают путем укладки верхнего слоя из холодного асфальтобетона с применением щебня и дробленого песка из труднополируемых пород, а также втапливанием щебня в малощебенистые или песчаные смеси. Следует особо подчеркнуть, что устройство шероховатой поверхности покрытия любым способом теряет всякий смысл, если одновременно не укреплять обочины, съезды и переезды из-за грязи, заносимой с них на покрытие колесами автомобилей во время дождей и распутицы. В связи с этим одновременно с устройством шероховатой поверхности необходимо укрепить обочины,строить твердые покрытия на въездах и переездах.

Для снижения опасности гидропланирования во время дождя в последние годы все большее распространение получают покрытия из высокопористого и открытого асфальтобетона, для которого характерна пористость порядка 15...20%. Такое покрытие укладывается на слой плотного асфальтобетона с поперечным уклоном не менее 20‰. Оно обеспечивает высокий коэффициент сцепления колес с покрытием, так как во время дождя поглощает выпадающие осадки, и вода, постепенно дренируя, стекает к обочинам.

Применение дренирующего асфальтобетона может быть рекомендовано на дорогах I...III категории в V дорожно-климатической зоне.

21.2. Поверхностная обработка дорожных покрытий

Поверхностная обработка — это способ создания шероховатой поверхности покрытия и устройства слоев износа и защитных слоев путем розлива на основание тонкого слоя органического вяжущего, распределения высокосортного щебня и уплотнения (рис. 21.3). Во многих странах поверхностную обработку называют *chip seals* — щебеночные защитные (изолирующие) слои.

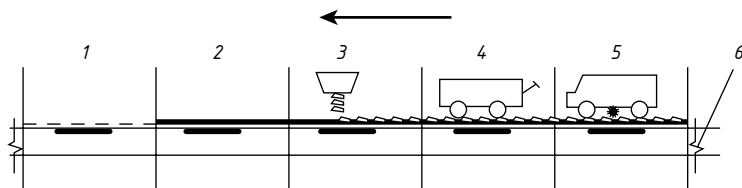


Рис. 21.3. Основные технологические операции по устройству поверхностной обработки:

1 — подготовительные работы; 2 — розлив битума; 3 — распределение щебня; 4 — уплотнение щебня; 5 — сметание лишних щебенков, 6 — старое покрытие

Основанием является верхний слой дорожного покрытия, которое предварительно должно быть подготовлено к поверхностной обработке.

В состав подготовительных работ при устройстве поверхностной обработки на новом покрытии входят:

- очистка покрытия от пыли и грязи;
- установка знаков для организации движения, ограждение места производства работ.

В случаях когда покрытие не удастся полностью очистить от пыли и грязи, оставшейся в мелких трещинках и впадинах, его рекомендует-ся подгрунтовать путем розлива жидкого битума по норме $0,3...0,5 \text{ л/м}^2$ или битумной эмульсии с расходом $0,5...0,8 \text{ л/м}^2$.

В состав основных работ входит розлив битума, распределение и уплотнение щебня. После этого производится сметание отдельных неукрепившихся щебенков и открывается движение транспорта. Процесс окончательного формирования поверхностной обработки продолжается около 10 сут., в течение которых скорость движения автомобилей ограничивается и производится ежедневное сметание неукрепившихся щебенков.

Назначение и виды поверхностных обработок. Поверхностная обработка выполняет следующие функции:

- восстанавливает и повышает сцепные качества дорожного покрытия;
- формирует слой износа и защитный слой от проникания воды в дорожную одежду;
- останавливает разрушение и продлевает срок службы старых покрытий, на которых появились признаки износа в виде трещин, шелушения, выкрашивания и др.;
- при устройстве на щебеночных и гравийных покрытиях обеспечивает обеспыливание и значительно более комфортные условия движения автомобилей.

Различают несколько видов поверхностной обработки, которые применяют в различных условиях.

1. *Одинокная или простая обработка* с однократным розливом вяжущего и распределения щебня применяется для создания слоя износа и шероховатого слоя на покрытиях с достаточной прочностью и невысокой интенсивностью движения. Толщина слоя составляет 1,5...2,5 см.

2. *Одинокная или простая обработка с двойным распределением щебня.* На слой разлитого вяжущего сначала распределяют более крупную фракцию щебня (например, 8...11 или 15...20 мм), прикатывают катком, а затем распределяют более мелкую фракцию щебня (например, 2...5 или 5...10 мм) и уплотняют. Применяется на дорогах с высокой скоростью движения автомобилей. Толщина слоя может составляет 3...4 см.

3. *Простая обработка типа «сэндвич».* На поверхность покрытия распределяют крупную фракцию щебня, затем разливают вяжущее, распределяют мелкую фракцию щебня и уплотняют. Применяется при неоднородном по ровности основании для выравнивания и некоторого усиления.

4. *Двойная поверхностная обработка или поверхностная обработка типа «двойной сэндвич».* На первый слой разлитого вяжущего распределяют крупную фракцию щебня и уплотняют. Затем разливают второй слой вяжущего, распределяют более мелкую фракцию щебня и окончательно уплотняют. Толщина слоя составляет 3...4 см. Применяется на покрытиях с недостаточной прочностью, при наличии сетки трещин, ямочности, колёй, при высокой интенсивности движения, т.е. в тех случаях, когда необходимо не только создать шероховатый слой износа и защитный слой, но и улучшить ровность, несколько повысить прочность и сдвигоустойчивость. Применяется также на цементобетонных покрытиях.

5. *Двойная поверхностная обработка с прослойкой из щебня.* На очищенное и выровненное гравийное или щебеночное покрытие рассыпают прослойку из щебня крупной фракции и уплотняют. Затем разливают первый слой вяжущего, распределяют более мелкую фракцию щебня и уплотняют. После этого разливают второй слой вяжущего, распределяют щебень мелкой фракции и окончательно уплотняют. Толщина слоя может достигать 5 см. Применяется на «белых» гравийно-щебеночных покрытиях для перевода их в «черное» шоссе.

Требования к каменным материалам для поверхностной обработки. Для поверхностной обработки применяют щебень из высокопрочных

изверженных или метаморфических горных пород с прочностью 100...120 МПа и износом при истирании в барабане Деваля не более 35%.

Для дорог с малой интенсивностью движения допускается применять щебень из осадочных пород прочностью не менее 80 МПа с истиранием не более 40%. Щебень должен быть мытым. Доля зерен мельче 0,63 мм не должна превышать 0,5%. Зерна щебня должны быть однородными, узких фракций кубовидной формы.

В целях экономии дорогостоящего высокопрочного щебня на дорогах со средней интенсивностью движения можно устраивать поверхностную обработку из смеси разнопрочных каменных материалов, в которой 50% и более составляет щебень прочностью 100 МПа и выше и до 50% щебень прочностью 60...80 МПа. Опыт показывает, что в процессе эксплуатации более слабые щебенки истираются быстрее и уменьшаются по высоте, а более прочные щебенки выступают из покрытия и обеспечивают хорошие сцепные свойства мокрого покрытия.

По европейским стандартам применяют размер фракций щебня: 2...5; 5...8; 8...11; 11...16 мм.

В России допускается более широкий диапазон размера фракций: 5...10; 10...15; 15...20 и 20...25 мм. Однако в последние годы наметилась тенденция к переходу на более мелкие размеры и более узкие фракции щебня, близкие к европейским стандартам.

Требования к однородности материала по предельным размерам основаны на опыте службы поверхностной обработки. Необходимо, чтобы все щебенки прочно прилипли гранями к разлитому вяжущему. При однородном щебне, рассыпаемом в один слой (рис. 21.4, *а*), этого можно достигнуть. В разнородном материале всегда найдутся мелкие зерна, которые будут лежать сверху и не получат должного сцепления с битумом (см. рис. 21.4, *б*). Под воздействием касательных усилий колес автомобилей эти щебенки вырываются и вылетают в стороны. Покрытие получается неровным, и необходимы дополнительные, проводимые часто вручную работы по заметанию щебенки с обочины на покрытие.

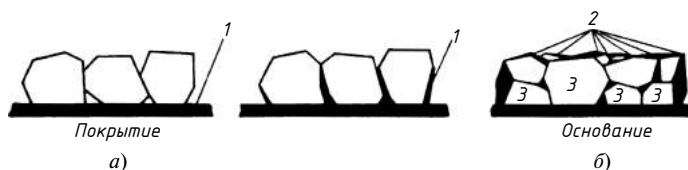


Рис. 21.4. Поверхностная обработка:

1 — вяжущее; 2 — щебень, не удерживаемый вяжущим;
3 — щебень, удерживаемый вяжущим

Вылетающие из-под колес щебенки опасны, травмируют проезжающих и пешеходов, разбивают стекла автомобилей.

Выбор размера фракций зависит от многих факторов, в том числе от того, какие транспортно-эксплуатационные характеристики покрытия необходимо получить, при какой интенсивности и каком составе движения работает покрытие и в каких климатических условиях, а также от состояния старого покрытия и его твердости.

Для получения водонепроницаемого защитного слоя небольшой толщины на местных проездах и площадях в населенных пунктах применяют щебень фракций 2...5 мм, который создает мелкую шероховатость типа наждачной бумаги. Фракции 5...8 мм обеспечивают хорошую шероховатость на прочных и ровных покрытиях при минимальном уровне шума.

Более глубокую шероховатость, больший износ шин и уровень шума создает поверхностная обработка из щебня фракций 8...11 и 11...16 мм, однако она более долговечна при интенсивном движении и более эффективна на мягких покрытиях.

На очень мягких покрытиях в районах с жарким климатом в России применяют щебень фракций 15...20 мм и даже 20...25 мм.

Для определения жесткости или твердости старого покрытия применяют твердомеры. Чтобы привести результаты измерений, выполненных при разных температурах, к сопоставимому виду, их приводят к расчетной температуре (рис. 21.5).

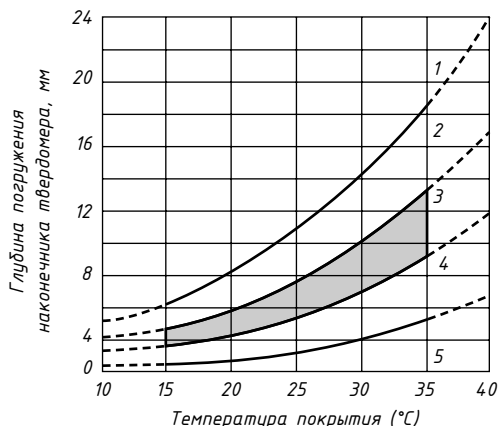


Рис. 21.5. Оценка твердости покрытия: зоны жесткости:

1 — очень мягкое; 2 — мягкое; 3 — нормальное;
4 — твердое; 5 — очень твердое

Для устройства поверхностной обработки применяют щебень, предварительно обработанный небольшим количеством органического вяжущего, или чистый щебень. Для обработки щебень разогревают до температуры 170...180 °С, загружают в мешалку, куда впрыскивают горячий битум в количестве 1...1,5% массы щебня, и перемешивают. Такая обработка часто используется при устройстве шероховатых слоев на дорогах в северных районах.

Считается, что в обработанном щебне битум проникает в микропоры и закрывает их для проникания воды, вследствие чего повышается водостойкость и морозоустойчивость щебня, который применяют на дорогах с высокой интенсивностью движения и в районах с холодным влажным климатом. Необработанный щебень применяют на дорогах с интенсивностью движения до 1000 авт./сут., а также для второй рассыпки при устройстве поверхностной обработки с двукратным распределением щебня.

Однако можно предположить, что наличие пленки битума в порах обработанного щебня может препятствовать прониканию в них битумной эмульсии или битума, разлитого на покрытие и, наоборот, битумная эмульсия хорошо взаимодействует со свежей чистой поверхностью щебенки, глубоко проникает в микропоры и тем самым обеспечивает более прочные связи минеральных материалов.

В связи с этим необработанный щебень находит все большее применение для поверхностной обработки.

Требования к вяжущим для поверхностной обработки. В качестве вяжущих для устройства поверхностных обработок применяют в основном битумные эмульсии и в меньших объемах битум. В России чаще применяют вязкие битумы БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200.

Благодаря водному характеру битумной эмульсии она обладает высокой смачивающей способностью поверхности щебня. При распаде эмульсии происходит адгезия (сцепление) битума с каменным материалом и одновременное вытеснение воды с поверхности каменного материала.

Обычно применяют катионные битумные эмульсии, в которых капельки битума имеют положительный электрический заряд, а поверхность каменного материала — отрицательный. Происходит обмен зарядами, что означает начало распада битумной эмульсии, после чего битум имеет хорошее сцепление с поверхностью щебня.

В современной технологии применяют высококонцентрированные катионные битумные эмульсии, в которых содержание битума составляет 50...70%. Поскольку такие эмульсии имеют сравнительно

высокую вязкость, их перед применением подогревают до 50...70 °С для удобства обработки.

Для улучшения реологических и других физических свойств битумных эмульсий в настоящее время широко применяют добавки полимеров.

Кроме эмульсий для поверхностной обработки часто применяют модифицированный полимераами горячий битум (табл. 21.2).

Таблица 21.2

**Нормы розлива вяжущих и распределения щебня
при устройстве поверхностных обработок**

Поверхностная обработка	Фракция щебня, мм	Расход щебня		Расход вяжущего, л/м ²
		кг/м ²	м ³ /100 м ²	
Одиночная поверхностная обработка на вязком битуме	5...10	11...15	0,9...1,1	0,7...1,0
	10...15	15...20	1,1...1,4	0,9...1,0
	15...20	20...25	1,2...1,5	1,0...1,3
	20...25	25...30	1,4...1,6	1,1...1,4
Одиночная поверхностная обработка на вязком битуме с двукратной россыпью щебня	Первая россыпь 15...25	16...18	1,2...1,4	1,4...1,5
	Вторая россыпь 5...10	6...8	0,6...0,8	—
Одиночная поверхностная обработка на 50%-ной битумной эмульсии	5...10	12...15	0,9...1,1	1,6...1,8
	10...15	15...20	1,2...1,4	1,8...2,0
	15...20	20...25	1,3...1,5	2,0...2,4
	20...25	25...30	1,4...1,6	2,4...2,6
Двойная поверхностная обработка на вязком битуме	Первая россыпь			Первый розлив
	15...25 или	20...25	1,2...1,5	1,1...1,4
	20...25	25...30	1,4...1,6	
	Вторая россыпь			Второй розлив
	5...10 или	15...20	1,2...1,3	0,6...0,8
	10...15	15...20	1,2...1,4	

Примечание. При применении необработанного щебня нормы розлива битума повышают на 20%. Фракцию щебня для одиночной поверхностной обработки выбирают по расчету и в зависимости от твердости покрытия

В России применяют битум вязкий БНД 130/200 и БНД 90/130.

При использовании в качестве вяжущего битумной эмульсии расход эмульсии и щебня должен соответствовать нормам, приведенным в табл. 21.3.

Таблица 21.3

Нормы расхода щебня и битумной эмульсии

Способ обработки	Размер щебня, мм	Расход щебня, м ³ /100 м ²	Расход эмульсии (л/м ²), при концентрации битума (%)	
			60	50
Одиночная	5...10	0,9...1,1	1,3...1,5	1,5...1,8
	10...15	1,1...1,2	1,5...1,7	1,8...2,0
	15...20	1,2...1,4	1,7...2,0	2,0...2,4
Двойная	Первая россыпь		Первый розлив	
	15...20	1,1...1,3	1,5...1,8	1,8...2,2
	Вторая россыпь		Второй розлив	
	5...10	0,7...1,0	1,3...1,5	1,5...1,8

Во Франции норма расхода битума для поверхностной обработки на старых покрытиях принята равной 10% расхода щебня. Из них 8% идет на обеспечение связи щебенки между собой и с основанием и 2% — на герметизацию мелких трещин в старом покрытии (табл. 21.4).

Таблица 21.4

Расход щебня и битумной эмульсии при устройстве поверхностной обработки на старом покрытии во Франции

Фракция щебня, мм	Расход щебня, кг/м ²	Расход эмульсии, л/м ²
2...5	11...13	1,1...1,4
5...8	12...15	1,4...1,7
8...11	13...17	1,7...2,0

Принципиальный подход к назначению нормы расхода щебня состоит в том, чтобы его было достаточно для создания плотного каменного скелета, а количество вяжущего назначается из условия, что вяжущее должно обеспечить обволакивание всех щебенки на высоту $2/3$ размера щебенки и герметизацию старого покрытия.

Организация работ по устройству поверхностной обработки. Поверхностную обработку устраивают обычно летом в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 15 °С. Допускается выполнять работы при температуре воздуха 5 °С весной и 10 °С осенью.

При использовании в качестве вяжущего битумной эмульсии поверхностную обработку можно устраивать на влажном покрытии и при небольшом дожде.

При использовании в качестве вяжущего горячего вязкого битума все работы должны быть выполнены за время, пока температура битума не опустилась ниже допустимой по загустеванию битума.

При распределении битума температура должна поддерживаться:

- для вязких битумов марок БНД 60/90, БНД 90/130, БН 60/90 и БН 90/130 в пределах 150...160 °С;
- марок БНД 130/200 и БН 130/200 в пределах 100...130 °С;
- полимербитумных вяжущих в пределах 140...160 °С.

Температуру и концентрацию эмульсии устанавливают в зависимости от погодных условий следующим образом:

- при температуре воздуха ниже 20 °С эмульсия должна иметь температуру 40...50 °С (при концентрации битума в эмульсии 55...60%). Подогрев эмульсии до такой температуры осуществляется непосредственно автогудронатором;
- температуре воздуха ниже 20 °С эмульсия (при концентрации битума в эмульсии 50%) может иметь такую же температуру, но не менее.

Для прочного сцепления вяжущего с обрабатываемым покрытием следует обеспечить его чистоту. Очистку покрытия выполняют непосредственно перед началом поверхностной обработки. При сухой жаркой погоде покрытие увлажняют (0,5 л/м²) непосредственно перед основным розливом эмульсии. Температура и концентрация эмульсии устанавливаются в зависимости от погодных условий: при температуре воздуха ниже 20 °С применяют эмульсию с концентрацией битума 55...60% и температурой 40...50 °С; при температуре воздуха выше 20 °С подогревать эмульсию не надо и концентрацию битума можно уменьшить до 50%. Вязкость эмульсии должна быть в пределах 15...30 с.

Распределение эмульсии и щебня может производиться отдельно и синхронно. При раздельном распределении первоначально эмульсию разливают в количестве 30% нормы и рассыпают 70% нормы щебня. Сразу после этого разливают остальное количество эмульсии (70%) и распределяют оставшийся щебень. Щебнераспределитель должен двигаться как можно ближе к автогудронатору и рассыпать щебень перед собой. Уплотнение (самоходные катки на пневмоходу или с обрезиненными вальцами совершают четыре-пять проходов со скоростью до 5 км/ч) начинается с момента начала распада эмульсии и заканчивается в момент его окончания. При синхронном распределении эмульсия и щебень попадают на покрытие с интервалом времени не более 1 с. При таких условиях эмульсия успевает до начала распада заполнить поры покрытия и щебня и тем самым создать благоприятные условия для последующего уплотнения поверхностной обработки.

Основной розлив вяжущего производят, как правило, по одной половине проезжей части или на ширину одной полосы движения в один прием без пропусков и разрывов.

Если можно организовать движение транспортного потока в объезд, розлив вяжущего и распределение щебня целесообразно выполнять на всю ширину проезжей части одновременно или с небольшим уступом. Это позволит избежать образования продольных швов в поверхностной обработке.

При определении длины сменной захватки и подборе состава машин необходимо исходить из того, что все работы по распределению битумной эмульсии и щебня и по уплотнению должны быть закончены за время распада эмульсии, который легко определить визуально по внешнему виду, когда коричневый цвет эмульсии сменится темным.

Распределение щебня необходимо выполнять как можно быстрее после розлива вяжущего, поэтому щебнераспределитель должен идти сразу за гудронатором.

Распределители щебня бывают самоходными или навесными на автомобилях-самосвалах.

В любом случае распределитель щебня работает по схеме «от себя», т.е. так, чтобы его колеса двигались по уже распределенному щебню, а не по слою вяжущего. Для этого автомобиль с навесным распределителем движется задним ходом.

Общий состав основного звена машин для поверхностной обработки состоит из машины для очистки покрытия от пыли и грязи, автогудронатора, распределителя щебня (одного или двух), звена катков и машины для подметания лишнего щебня. Уплотнение начинают сразу после распределения щебня сначала средним катком за два-три прохода по одному месту со скоростью 10...15 км/ч, а затем тяжелым катком не менее чем по два-три прохода по одному месту. Лучшие результаты получают, когда для уплотнения применяют самоходные катки на пневматических шинах.

В процессе уплотнения необходимо учитывать особенности устройства различных видов поверхностных обработок.

Простые поверхностные обработки с двойным распределением щебня уплотняют только после второго распределения щебня. Оба слоя должны очень быстро укладываться друг за другом, а последующее уплотнение производиться очень интенсивно пятью проходами катка по одному следу.

При поверхностных обработках типа «сэндвич» первый слой щебня также не уплотняется и уплотнение начинается после распределения второго (верхнего) слоя щебня.

При двойных обработках уплотнение начинается после первого распределения щебня. Затем немедленно укладывается и уплотняется второй слой.

Уход за поверхностной обработкой. После уплотнения катками и завершения распада эмульсии открывают движение по поверхностной обработке. В течение первого периода, который составляет от 3 до 10 сут., необходимо обеспечить движение автомобилей со скоростью не более 40 км/ч, чтобы щебень не вылетал из-под колес и не мог разбить стекла автомобиля. Лишний щебень в первые дни регулярно убирают сметающими или всасывающими машинами.

В течение нескольких дней битум под действием тепла и движущегося транспорта поднимется и покроет все щебенки тонким слоем, придав поверхности однородный цвет.

Поверхностная обработка с синхронным распределением вяжущего и щебня. Качество поверхностной обработки во многом зависит от надежности работы системы «вяжущее — щебень» и «щебень — вяжущее — основание».

Опыт эксплуатации поверхностных обработок показал, что наиболее эффективно это взаимодействие, когда вяжущее заполняет зону контакта между смежными щебенками на высоту h , которая должна быть равна $2/3$ высоты щебенки, т.е.

$$h = 2/3 D,$$

где h — высота слоя вяжущего в зоне контакта смежных щебенки, мм; D — размер щебенки по высоте, мм.

Установлено, что до 80% дефектов поверхностной обработки составляют отделение и выкрашивание щебенки вследствие недостаточной связи в зоне их контакта.

Надежное сопряжение щебенки друг с другом происходит за счет выдавливания вяжущего в зазоры между щебенками и дальнейшего продвижения вверх по законам капиллярного поднятия. Высота этого поднятия зависит от размеров зазоров между щебенками и вязкости вяжущего (рис. 21.6). Вяжущее с невысокой вязкостью в капиллярах образует глубокий мениск и поднимается на большую высоту, обволакивая щебенку тонким слоем (см. рис. 21.6, а). Вяжущее с высокой вязкостью не позволяет образоваться мениску, поднимается на не-

большую высоту, оставляя значительную часть щебенки без пленки вяжущего (см. рис. 21.6, б).

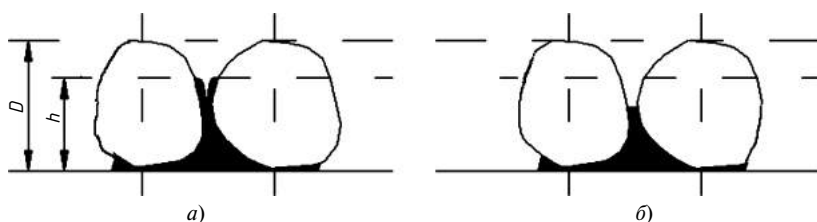


Рис. 21.6. Варианты сопряжения щебня с покрытием:

- а — при нормальном поднятии битума с образованием высокого мениска;
б — при недостаточном поднятии битума без образования мениска

В процессе эксплуатации связи между такими щебенками ослабевают и они отделяются от покрытия, что приводит к выкрашиванию.

Чтобы уменьшить вязкость битума в процессе устройства поверхностной обработки, его подогревают и распределяют при температуре 140...160 °С. Однако разлитый по поверхности покрытия горячий битум толщиной пленки 0,5...2,0 мм очень быстро остывает. При этом его вязкость также быстро увеличивается и к моменту распределения щебня может достичь значительной величины.

Высококонцентрированные битумные эмульсии тоже обладают сравнительно высокой вязкостью, и поэтому их перед распределением рекомендуется подогревать до 50...70 °С. Кроме того, в битумной эмульсии после распределения начинается процесс быстрого распада, до окончания которого щебень уже должен быть распределен.

Таким образом, на качество поверхностной обработки большое влияние оказывает период времени t от розлива вяжущего до распределения щебня (рис. 21.7).

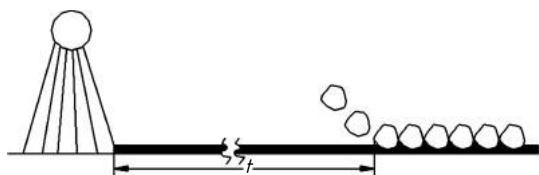


Рис. 21.7. Интервал времени между распределением вяжущего и щебня

При обычном асинхронном распределении вяжущего и щебня, когда вяжущее распределяется автогудронатором, а щебень идущим за ним на расстоянии 10...100 м и более щебнераспределителем, про-

межуток времени t составляет от 5 с при очень четкой работе машин до 10 мин. и более при небольших задержках с распределением щебня. В связи с этим задача сокращения периода между распределением вяжущего и щебня является задачей повышения качества и долговечности поверхностной обработки.

Эта задача успешно решена в технологии устройства поверхностной обработки с синхронным распределением вяжущего и щебня.

Для этого созданы комбинированные машины и оборудование для распределения вяжущего и щебня с интервалом времени всего в 1 с. Для поверхностной обработки с синхронным распределением вяжущего и щебня в России применяют машины БЩР-375 и битумощебнераспределители саратовского ФГУП «Росдортех» типа «Чипсилер-40» и «Чипсилер-26». Производительность работы указанных машин составляет 3...6 км/ч.

Машина состоит из емкости для вяжущего с подогревом, кузова для щебня, системы распределения вяжущего, щебнераспределителя и специальной консоли (площадки) оператора с пультом автоматизированного управления рабочими органами машины и процессом распределения. Кузов автомобиля разделен поперечными перегородками, позволяющими расходовать щебень частями. Система распределения вяжущего состоит из плоскоструйных форсунок, расположенных на одной поперечной балке на расстоянии 10 см одна от другой с общей шириной распределения до 4 м. Вяжущее из форсунок распределяется под давлением в виде мельчайших частичек и покрывает покрытие тонким равномерным слоем. Каждая форсунка имеет автономное включение и выключение, что обеспечивает возможность гибкого регулирования ширины распределения вяжущего (битума или битумной эмульсии).

Щебнераспределитель оригинальной конструкции позволяет распределять фракции размером от 2 до 20 мм слоем в одну щебенку. Для лучшего формирования рассыпанный щебень необходимо немедленно уплотнить катками на пневматических шинах или катками с обрешеченными вальцами.

21.3. Поверхностные обработки с полимерным вяжущим

Полимерные вяжущие позволяют создавать прочный, водонепроницаемый, шероховатый слой поверхностной обработки и этим увели-

чивать срок службы ее и покрытия, на которое она уложена. Из-за высокой стоимости полимерных вяжущих их пока широко не применяют для строительства покрытий, поэтому они нашли применение для защитных слоев и слоев износа по способу поверхностной обработки. В настоящее время многие полимерные материалы применяют для строительства шероховатых слоев износа, что позволяет быстро открыть дорогу для движения.

Наиболее экономично и эффективно комплексное вяжущее, составленное путем добавки к битуму полимерного материала, например резиновой крошки или полимерной смолы. Работами МАДИ доказана эффективность применения в качестве добавки к битуму резиновой крошки, поливинилхлорида (ПВХ). Добавка 2...7% ПВХ настолько повышает эффективность сцепления, что уже через 2...3 сут. можно не ограничивать движения. ПВХ — белый порошок, добавляемый к битуму в котел; после их смешивания получают комплексное вяжущее.

В Великобритании и других странах применяют способ «шелл-грипп», при котором укладывают преимущественно на cemento- и асфальтобетонных покрытиях слои толщиной около 5 мм. Вяжущее состоит из смеси эпоксидной смолы со смолой другого вида на основе битума, перемешиваемых в пропорции 1:1. Полученное вяжущее характеризуется быстрым твердением, придает слою прочность и эластичность. Минеральным материалом служит материал, синтезированный из кальцинированного боксита (обычно используемого как огнеупорный материал) размером 1...3 мм. Он обладает большей износостойкостью и шероховатостью, чем каменные материалы. Расход вяжущего составляет 1,25...1,5 кг/м², минерального материала — 5...6 кг/м². В США на основе эпоксидной смолы применяют комплексные вяжущие под фирменными названиями «гуардкот» и «редкот», которые распределяют автогудронаторами.

На основании лабораторных и опытных работ СоюздорНИИ предлагает эпоксидное вяжущее следующего состава: эпоксидная смола ЭД-5 или ЭД-6 — 100 частей по массе; пластификатор дибутилфталат — 20...25 частей, отвердитель полиэтиленполиамин — 8...10 частей. Расход вяжущего составляет 100 г/м². В качестве минерального материала применяют промытый, высушенный песок или высевки твердых горных пород. Минеральный материал в количестве 0,8...1 кг/м² рассыпают через 5...10 мин после распределения вяжущего, вдавливают в вяжущее катком, прокатываемым вручную.

Так как перемешивание и распределение эпоксидного вяжущего затруднительны из-за его вязкости и токсичности, во Франции вы-

пускаются передвижные смесители, подающие и распределяющие вяжущее через шланг под высоким давлением. В США предложена машина в виде прицепа к тягачу, которая имеет хранилища для компонентов эпоксидного вяжущего, дозатор для выделения порции каждого из них в мешалку, периодически выдающую небольшие порции вяжущего.

21.4. Устройство шероховатого слоя износа методом втапливания щебня

Одним из высокоэффективных и экономичных способов создания прочного, шероховатого и износостойкого слоя, особенно на дорогах с интенсивным движением грузовых автомобилей и автомобилей с шипами, является способ втапливания щебня.

Втапливание щебня — это способ устройства шероховатого слоя износа путем укладки тонким слоем песчаной или мелкозернистой мало-щебенистой асфальтобетонной смеси типа В или Д, ее предварительного уплотнения, немедленного распределения прочного щебня слоем в одну щебенку и вдавливания (втапливания) его катками в слой свежеложенного асфальтобетона. Толщина слоя асфальтобетона должна быть не менее 3 см (рис. 21.8).

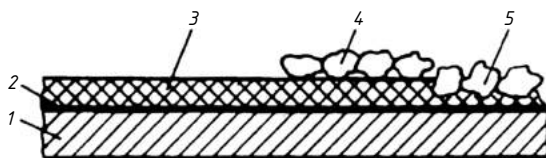


Рис. 21.8. Схема втапливания щебня в слой уложенной асфальтобетонной смеси:

1 — нижний слой асфальтобетонного покрытия; 2 — разлитое вяжущее;
3 — асфальтобетонная смесь для верхнего слоя; 4 — рассыпанный одномерный щебень; 5 — щебень после уплотнения, втопленный в асфальтобетонную смесь

Щебень, который втапливают в асфальтобетонную смесь, должен быть приготовлен из прочных (I...II класс прочности), износостойких и малошлифующихся изверженных и метаморфических горных пород или аналогичных им по качеству шлаков. Используется одномерный щебень размерами 10...15, 15...20 или 20...25 мм, обработанный битумом с расходом 1...1,3% массы щебня.

Обработка щебня вяжущим осуществляется в асфальтобетонном смесителе при температуре: 140...170 °С с использованием битумов

БНД 60/90 и БНД 90/130; 110...160 °С с использованием битумов СГ 130/200, МГ 130/200; 80...120 °С с использованием битумов СГ 70/130, МГ 70/130. Вяжущее должно полностью обволакивать щебень и не стекать с него. Целесообразно осуществлять обработку щебня вспененным битумом. Для повышения сцепления вяжущего с щебнем используются ПАВ.

Температура нагрева щебня и вяжущего при смешении зависит от марки последнего, температуры и влажности воздуха (табл. 21.5). При большей влажности и холодной погоде необходимо придерживаться верхних пределов температуры вяжущих.

Таблица 21.5

Температура нагрева щебня и вяжущего при их смешении

Марка вяжущего	Температура нагрева, °С	
	вяжущего	щебня
БНД 60/90, 90/130	140...160	150...170
БНД 130/200, 200/300	110...130	120...160
СГ 130/200	90...120	110...130
СГ 70/130	80...100	100...120

Лучшие результаты по качеству шероховатого слоя достигаются при втапливании горячего черного щебня в горячий асфальтобетон. Такая технология возможна при наличии одного смесителя для приготовления черного щебня и другого смесителя для приготовления асфальтобетона. Возможно втапливание холодного черного щебня в горячий асфальтобетон, при этом щебень должен обрабатываться вяжущим заблаговременно (например, в зимний период).

Щебень и вяжущее тщательно дозируют. Щебень, обработанный вяжущим, при применении его горячим сразу после приготовления доставляют к месту строительства и укладывают на покрытие. Холодный щебень можно хранить до 4...8 мес. на складе. Применение горячего щебня повышает качество шероховатого покрытия, но требует более высокой культуры труда.

Слои износа по способу втапливания щебня применяют при строительстве новых покрытий, при реконструкции, усилении и ремонте любых типов капитальных и переходных покрытий.

При строительстве асфальтобетонного покрытия немедленно после распределения смеси асфальтоукладчиком рассыпают щебень с последующим уплотнением смеси и одновременным втаплива-

нием щебня. Щебень распределяют самоходным распределителем или распределителем, работающим на прицепе к асфальтоукладчику (рис. 21.9). Для погрузки в бункер распределителя доставляемого автомобилями-самосвалами щебня применяют ковшовые погрузчики.

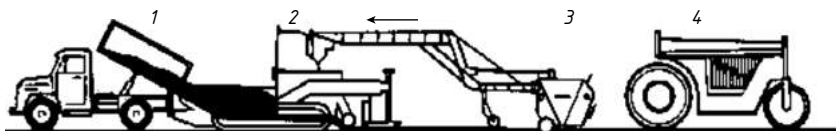


Рис. 21.9. Технологическая последовательность строительства покрытия с втапливанием в него щебня распределителем на прицепе к асфальтоукладчику:
1 — автомобиль-самосвал; 2 — асфальтоукладчик;
3 — щебнераспределитель; 4 — каток.

При реконструкции, усилении или ремонте покрытий для применения способа втапливания предварительно подготавливают старое покрытие, как для поверхностной обработки.

Технология работ включает следующие операции (рис. 21.10):

1) очистку покрытия от пыли и грязи, ямочный ремонт, заливку трещин, устранение неровностей;

2) подгрунтовку, т.е. розлив жидкого битума или битумной эмульсии с расходом соответственно $0,3...0,5 \text{ л/м}^2$ или $0,5...0,8 \text{ л/м}^2$;

3) укладку малощебенистой или песчаной асфальтобетонной смеси слоем 2...4 см и предварительное уплотнение трамбующим брусом асфальтоукладчика. Эта операция производится, когда подгрунтовка впитается или загустеет;

4) немедленное распределение щебня слоем в одну щебенку при помощи щебнераспределителя с боковой загрузкой или с загрузкой его грейферным погрузчиком из самосвала, идущего сбоку от щебнераспределителя. Расход щебня зависит от размера фракции:

- щебень фракции (5...10) мм — $(0,9...1,1) \text{ м}^3/100 \text{ м}^2$;
- щебень фракции (10...15) мм — $(1,1...1,2) \text{ м}^3/100 \text{ м}^2$;
- щебень фракции (15...20) мм — $(1,2...1,4) \text{ м}^3/100 \text{ м}^2$.

Во время распределения щебня температура уложенной смеси на покрытии должна быть не менее $90...110^\circ\text{C}$ для горячих смесей и $60...80^\circ\text{C}$ для теплых;

5) втапливание щебня за один-два прохода легких катков и немедленная укатка средними и тяжелыми катками на пневматическом ходу при постепенном повышении скорости их движения от 2 до 15 км/ч .

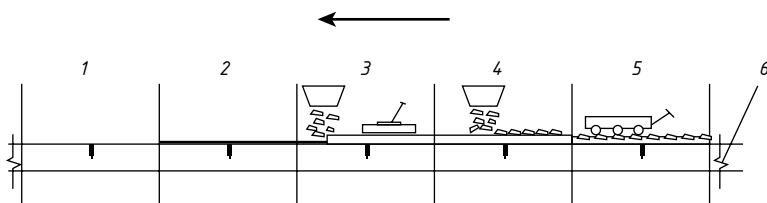


Рис. 21.10. Основные технологические операции по устройству шероховатого слоя износа методом втапливания:

1 — подготовительные работы; 2 — подгрунтовка; 3 — укладка и предварительное уплотнение смеси; 4 — распределение щебня; 5 — втапливание щебня и укатка; 6 — старое покрытие

Число проходов катков и продолжительность укатки устанавливают в зависимости от толщины уложенного слоя, типа смеси и ее температуры и температуры окружающего воздуха. Так, при толщине слоя 4 см и температуре воздуха 20 °С число проходов средних катков составляет четыре-пять, а тяжелых — восемь — десять.

В результате уплотнения щебенки втапливаются в слой асфальтобетона на 0,8...0,9 своей высоты и образуют вместе с асфальтобетонной смесью монолитный слой с шероховатой поверхностью. Такая конструкция слоя называется «щебень в обойме».

Срок службы слоя износа из втопленного щебня составляет шесть — десять лет при интенсивном и тяжелом движении.

В Австрии, Венгрии и ряде других стран применяется другая технология устройства шероховатого слоя износа методом втапливания. Отличие состоит в составе асфальтобетонной смеси, степени ее предварительного уплотнения. Смесь состоит из щебня, полученного путем дробления мелкого гравия с размером щебенки до 15 мм в количестве 35...40%, песка — около 55%, минерального порошка — 8% и модифицированного битума с пенетрацией 50 — около 8%.

Горячую асфальтобетонную смесь укладывают толщиной 3,5...4 см и сразу уплотняют вибробрусом асфальтоукладчика до степени уплотнения 0,85. Немедленно на горячий слой распределяют слоем в одну щебенку черный щебень фракций 12...20 мм с расходом 10...12 кг/м² и втапливают гладковальцевыми вибрационными катками.

Щебень для втапливания получают дроблением прочных гранитных пород и обрабатывают его в установке модифицированным вязким битумом пенетрацией 30...40 с расходом 1% массы щебня. При этом щебень нагревают до 220 °С, а битум до 180 °С.

После перемешивания обработанный щебень охлаждают водой и используют для втапливания. В результате получают плотный,

очень прочный и шероховатый слой износа с высокими сцепными качествами.

Эти слои отличаются большей шероховатостью и значительно большим сроком службы, чем слои износа, построенные по способу поверхностной обработки с применением тех же вяжущих и минеральных материалов.

21.5. Слои износа и защитные слои с применением эмульсионно-минеральных смесей

Для строительства слоев износа и защитных слоев дорожных покрытий широкое применение получили холодные эмульсионно-минеральные смеси различного состава. В зависимости от конкретного состава, технологии применения в различных странах эти смеси называют литыми эмульсионно-минеральными смесями (ЛЭМС), «сларри сил», литым холодным микроасфальтом, рапид-асфальтом и др. Достоинство этих слоев состоит в сравнительно простой технологии устройства, малого расхода материалов, высокой производительности при укладке, небольших помехах для движения транспорта по участку, где идет строительство.

Литые эмульсионно-минеральные смеси состоят из минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка), водного раствора ПАВ и катионной битумной эмульсии. В зависимости от гранулометрического состава ЛЭМС подразделяются на щебеночные и песчаные. Щебеночные рекомендуется устраивать на участках с затрудненными и опасными условиями движения дорог I и II категории; песчаные — на участках с легкими и затрудненными условиями движения дорог III...IV категории. Минеральная часть ЛЭМС подбирается по принципу плотных смесей. Щебеночная фракция 5...10 или 5...15 мм должна состоять из камня изверженных и метаморфических пород по прочности не ниже 1200. Песчаная фракция от 0,1 до 0,5 мм должна состоять из дробленого песка или смеси природного и дробленого песка в соотношении 1 : 1. Минеральный порошок из карбонатных пород должен содержаться в смеси в таком объеме, чтобы общее количество частиц мельче 0,071 мм в смеси составляло 5...15%. В качестве вяжущего используется катионактивные битумные эмульсии классов ЭБК-2 и ЭБК-3, содержащие 50...55% битума (табл. 21.6).

Таблица 21.6

Рекомендуемые составы ЛЭМС

Смесь	Количество компонентов, % веса							
	щебень гранитный (фракция)		песок		минеральный порошок	портландцемент	вода для пред- варительного смачивания	битумная эмуль- сия (в пересчете на битум)
	5... 15 мм	5... 10 мм	дробле- ный ком- понент	при- род- ный				
Щебеночная	50	—	—	38	12	—	6...8	8...9
Щебеночная	60	—	20	17	3	—	6...8	7,5...8,5
Щебеночная	60	—	20	17	—	1...3	5...7	8...9
Щебеночная	—	50	—	38	12	—	6...8	8...9
Щебеночная	—	50	18	20	12	—	6...8	8...9
Щебеночная	—	60	20	17	3	—	6...8	7,5...8,5
Щебеночная	—	50	27	20	—	1...3	5...7	8...9
Песчаная	—	—	60	37	3	—	8...12	7...9
Песчаная	—	—	55	40	5	—	8...12	7...9
Песчаная	—	—	50	45	5	—	8...12	7...9
Песчаная	—	—	60	37	—	1...3	8...10	7...9

Расход битумной эмульсии в пересчете на битум составляет 7...9%. Количество ПАВ в водном растворе зависит от его вида (четвертичные соли аммония — 0,1...0,6%, адгезионная битумная присадка БП-3 — 0,5...1,0% к массе воды). Расход воды предварительного смачивания составляет ориентировочно 5...12% массы минеральных материалов. Его уточняют в лаборатории и корректируют на месте приготовления ЛЭМС с учетом влажности минеральных материалов и их температуры. Время распада эмульсии в ЛЭМС должно составлять 40...120 с. Распад эмульсии должен произойти немедленно после распределения смеси на поверхности покрытия. Приготовление и распределение ЛЭМС осуществляются специальной однопроходной машиной (рис. 21.11).

Толщина укладываемого слоя: для песчаной ЛЭМС — 5...10 мм с расходом 20...25 кг/м², для щебеночной — 10...15 мм с расходом 25...30 кг/м². По предварительно очищенному и обработанному водой покрытию распределяют ЛЭМС при непрерывном движении машины. Уплотнение ЛЭМС не требуется. Движение транспорта можно открывать через 2...4 ч после окончания работ с ограничением скорости до 40 км/ч в течение 1...2 сут.

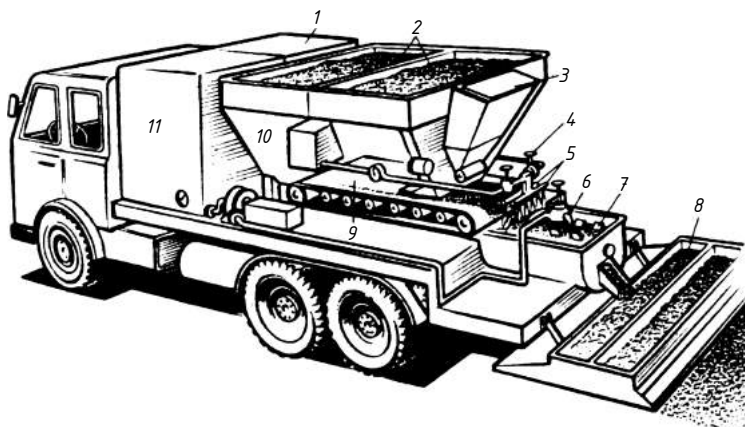


Рис. 21.11. Передвижная установка для приготовления и распределения литой эмульсионно-минеральной смеси:

1 — резервуар для воды; 2 — бункеры для песка;
3 — бункер для минерального порошка; 4 — объемная дозировка присадки; 5 — подача воды и присадки; 6 — подача эмульсии; 7 — смеситель; 8 — распределитель; 9 — конвейер; 10 — резервуар для присадки; 11 — резервуар для эмульсии

Ширина укладываемого слоя зависит от ширины распределительного бункера и обычно составляет 2,5...3,75 м. Скорость распределения регулируется в зависимости от температуры воздуха и свойств исходных материалов и должна быть такой, чтобы распределение смеси (при выходе из распределительного короба) совпадало с началом распада битумной эмульсии, что предотвращает расплывание смеси по поверхности покрытия.

Свойства готового слоя из ЛЭМС приведены в табл. 21.7.

Таблица 21.7

Показатели свойств эмульсионно-минеральных смесей

Показатель	Значение показателя	Метод испытания
Водонасыщение для слоев из смесей, % объема:		
— щебеночных	3,5...4,5	ГОСТ 12801—98
— песчаных	1,5...3,0	То же
Набухание, % объема, не более	7,0	То же

Окончание

Показатель	Значение показателя	Метод испытания
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении, не менее, для смесей:		
— щебеночных	0,75	То же
— песчаных	0,80	То же
Скорость распада эмульсий (с) не менее	120	Пособие по устройству поверхностных обработок на автомобильных дорогах (к СНиП 3.06.03—85)

Рабочий цикл укладки защитного слоя включает следующие технологические операции (рис. 21.12): загрузку бункеров и емкостей машины компонентами ЛЭМС на притрассовом складе; переезд машины к месту производства работ; укладку защитного слоя на огражденном участке; переезд машины для загрузки на притрассовом складе.

Поверхностная обработка с использованием битумных шламов. Битумные шламы являются разновидностью эмульсионно-минеральных смесей литой консистенции и состоят из минеральных материалов (щебня, песка, минерального порошка), битумной пасты и воды. Так как битумные пасты распадаются и твердеют по мере испарения из них воды, то применение битумных шламов возможно только в сухую погоду. В зависимости от зернового состава битумные шламы подразделяются на песчаные (п) и щебеночные (щ); крупно- (А-щебня размером до 25 мм более 40%), средне- (Б-щебня размером до 25 мм от 20 до 40%) и мелкозернистые (В-щебня размером до 15 мм менее 20%); I и II марки. Тот или иной вид шлама рекомендуется использовать на дорогах разных категорий в зависимости от условий движения транспорта.

Время высыхания смесей должно быть не более 2 ч. Перед укладкой битумного шлама покрытие очищают от пыли и грязи, при значительном количестве трещин их прочищают. В зависимости от состояния покрытия его предварительную обработку проводят по-разному: плотные покрытия увлажняют (1...2 л/м²); пористые покрытия и все виды покрытий при производстве работ в осеннее время подгрунтовывают битумной пастой или эмульсией (не менее 60% воды из расчета 0,2 л битума на 1 м²); покрытия с недостатком органического вяжущего и на основе минеральных вяжущих обрабатывают путем распыления слоя пасты исходя из нормы расхода битума 0,4...0,8 л/м².

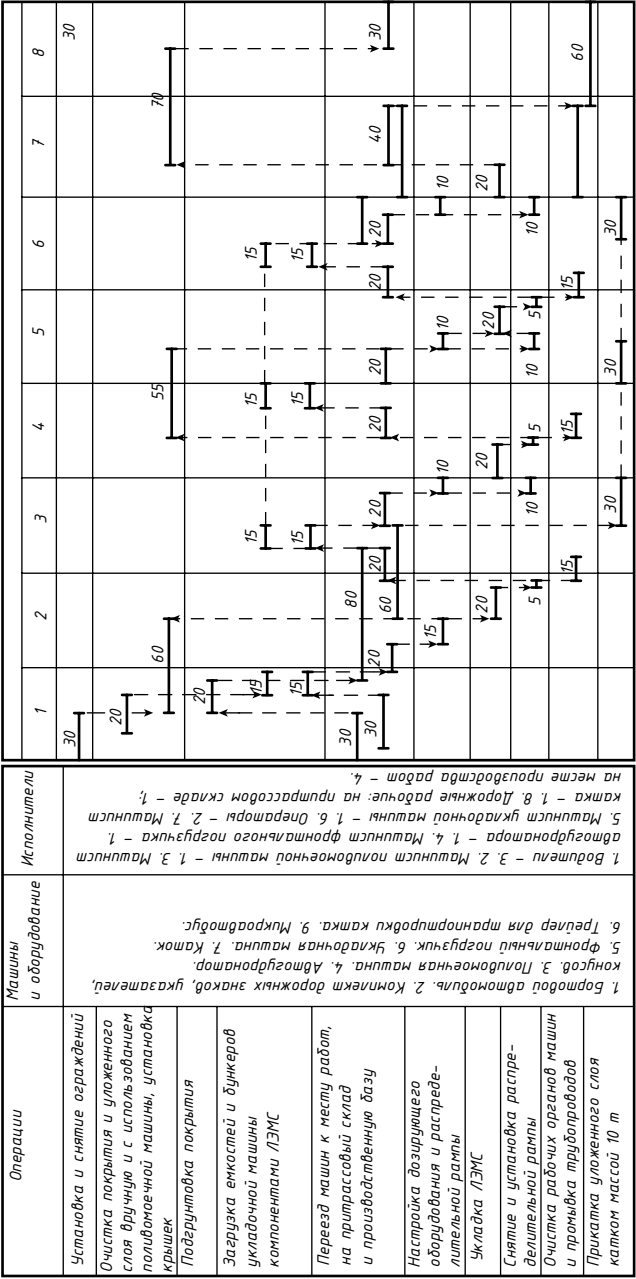


Рис. 21.12. Циклограмма выполнения производственного процесса по укладке защитного слоя из литой эмульсионно-минеральной смеси на сменной захватке 1000 м шириной 3,75 м (3750 м²)

Ориентировочный расход песчаных шламов составляет 5...15 кг/м², щебеночных — 10...30 кг/м². Меньшие значения относятся к смесям с меньшими размерами зерен минерального материала. Уложенную полосу ограждают от наезда транспортных средств. При достижении влажности смеси 6...8% по слою допускается движение транспортных средств или его уплотняют самоходными катками на пневмошинах массой 8...10 т (три прохода по одному следу). Скорость движения транспорта ограничивают: в течение первых суток до 30 км/ч, затем — до 40 км/ч — до тех пор, пока слой не сформируется настолько, чтобы зерна минерального материала не вырывались из слоя. Для полного уплотнения слоя требуется от 20 до 30 сут.

Строительство тонкослойных слоев износа и защитных слоев по способу «сларри сил». Слой износа типа «сларри сил» представляет собой уложенную и сформировавшуюся литую эмульсионно-минеральную смесь, состоящую из катионоактивной битумной эмульсии, минерального материала, воды и специальных добавок. Толщина слоя износа в уплотненном состоянии составляет 5...15 мм.

Слой типа «сларри сил» устраивается в целях предотвращения отрицательного воздействия природно-климатических факторов на дорожную конструкцию, восстановления слоев износа, обеспечения необходимых сцепных свойств дорожного покрытия.

В зависимости от гранулометрического состава используемых материалов слой износа «сларри сил» подразделяют на два типа в соответствии с требованиями, изложенными в табл. 21.8.

Таблица 21.8

**Гранулометрический состав минеральной части
литых эмульсионно-минеральных смесей**

Размер отвер- стий, мм	Содержание частиц мельче данного размера, % по массе		Точность дозиро- вания, % по массе
	Тип I	Тип II	
10,000	100	100	±5
5,000	90...100	70...90	±5
2,500	65...90	45...70	±5
1,250	45...70	28...50	±5
0,630	30...50	19...34	±5
0,315	18...30	12...25	±4
0,140	10...21	7...18	+3
0,071	5...15	5...15	±2

Для приготовления литых эмульсионно-минеральных смесей должен использоваться щебень из плотных горных пород, имеющий марку по прочности не ниже 1200, марку по истираемости не ниже И-1, песок из отсевов дробления. Для приготовления смесей может использоваться щебеночно-песчаная смесь после отгрохачивания частиц крупнее 10 мм.

Гранулометрический состав минеральной части литых эмульсионно-минеральных смесей должен соответствовать показателям, указанным в табл. 21.8.

Для обеспечения требований к гранулометрическому составу смесей в минеральную часть могут быть введены минеральный порошок и цемент.

Минеральная часть ЛЭМС для устройства тонкослойных холодных покрытий подбирается по типу плотных и может состоять из смесей фракций 0...3, 0...5, 0...8, 0...11 мм. Следует использовать щебеночные отсеvy из трудношлифуемых горных пород марки не ниже 1000. Крупные фракции должны быть преимущественно кубовидной формы. Содержание фракции менее 0,071 мм должно быть от 5 до 15%. Для регулирования времени распада эмульсии применяют цемент марки не ниже 400. Содержание свободной извести в цементе не ограничивается, а его расход составляет до 2% массы каменных материалов.

Песок, щебень и в случае необходимости минеральный порошок перед использованием должны быть смешаны в определенных пропорциях с помощью специальных машин типа REVSON 73830.

В качестве вяжущего в ЛЭМС применяют катионные эмульсии классов ЭБК-2 и ЭБК-3 с содержанием битума 60...65%.

Марка битума в битумной эмульсии должна соответствовать рекомендуемой ГОСТ 9128—97 для конкретной дорожно-климатической зоны.

В условиях I и II дорожно-климатических зон, а также при интенсивности движения более 10 000 авт./сут. целесообразно использовать полимермодифицированные битумные эмульсии, получение которых может осуществляться как путем введения катионоактивных латексов «Бутонал SL 170K», «Родкем 600», «Интерлатекс АФ» и других, совместимых с эмульсией, в процессе приготовления, так и с использованием битумов, модифицированных другими добавками. Содержание модификатора в остаточном битуме модифицированной эмульсии должно быть в пределах 2...4% по массе. Скорость распада эмульсии регулируют с помощью аддитивных добавок. В качестве замедлителя скорости распада смеси могут использоваться сульфат алюминия,

соли моноаминов, полиаминов, амидоаминов по техническим условиям заводов-изготовителей.

Содержание замедлителя скорости распада в литой ЛЭМС должно быть минимальным, но позволяющим обеспечить время, достаточное для перемешивания и распределения.

В качестве ускорителя времени твердения и добавки, улучшающей консистенцию смеси, может использоваться цемент марок 500 или 400. Техническая вода должна иметь жесткость не менее 6 мг-экв/л.

Время распада при смешивании смесей типа «сларри сил» должно составлять не менее 180 с. Время распада зависит от целого ряда факторов: минерального состава и зернового состава минеральной части, состава эмульсии, природы эмульгатора, соотношения компонентов в смеси, температуры окружающего воздуха, поэтому подбор составов смесей должен происходить с учетом вышеперечисленных факторов.

При слишком медленном распаде эмульсии возникает опасность стекания жидкой смеси с поверхности или ее расслоения. Во избежание этих явлений при подборе составов эмульсионно-минеральных смесей контролируют момент отвердения поверхности смеси. Тест для установления времени отвердевания определяется как промежуток времени с момента укладки до момента, когда «сларри-система» не может быть перемешана в однородную смесь; при сжатии образца невозможно горизонтальное смещение и когда промокательная салфетка не пачкается при легком соприкосновении с поверхностью образца.

Более точно момент отвердения смеси находят с помощью специального прибора — модифицированного определителя силы сцепления. При помощи этого прибора определяют и время открытия движения. Время открытия характеризуется такой степенью формирования слоя износа, который позволяет открыть движение автомобилей с ограниченной скоростью.

Время отвердения эмульсионно-минеральных смесей должно составлять не более 30 мин, а время открытия движения в зависимости от погодных условий — не более 4 ч.

Производство работ по устройству тонкослойных покрытий из ЛЭМС разрешается при температуре воздуха не ниже 5 °С. Не допускается производить работы по укладке эмульсионно-минеральной смеси:

- в условиях дождя;
- при прогнозе снижения температуры воздуха в месте производства работ до 0 °С в течение ближайших 24 ч после укладки.

Для приготовления и укладки литых эмульсионно-минеральных смесей применяются специальные машины типа Masropaver и Minimas (США), AZ Ko Nobel (Швеция), Wiero (Германия), Elma (Италия) и др.

Процесс строительства включает следующие операции: очистку и подготовку покрытия; устройство тонкослойного покрытия из ЛЭМС (включая загрузку укладываемых машин); уход и регулирование движения по свежееуложенному слою. Подготовка покрытия заключается в нанесении подгрунтовки эмульсией с расходом 0,4...0,6 л/м² в зависимости от степени изношенности покрытия. К устройству покрытия необходимо приступать непосредственно после полного распада эмульсии, нанесенной на покрытие при подгрунтовке. Минимальный срок ожидания после подгрунтовки — 30 мин. В процессе укладки смеси необходимо контролировать процесс распада эмульсии и консистенцию смеси путем изменения количества воды и раствора аддитивной добавки. Расход других компонентов не меняется. Необходимо следить и за точностью дозировки минеральных компонентов. Расход эмульсии устанавливается строго по расчету. Количество воды в смеси зависит от температурных условий и составляет в среднем 12% массы каменных материалов. Непосредственно перед укладкой смеси производится увлажнение покрытия дороги. Увеличение температуры смеси ускоряет процесс распада эмульсии, поэтому температура воздуха должна измеряться ежечасно (особенно в жаркие дни), чтобы уточнять величину аддитивной добавки. Слой покрытия сразу после укладки должен иметь темно-коричневый цвет. Через 30...60 мин покрытие становится черного цвета. Открытие движения по свежееуложенному покрытию из ЛЭМС разрешается не менее чем через час после укладки, когда автомобили не оставляют на нем следов. В холодную погоду этот срок увеличивается. В дождь движение автомобилей не разрешается. После открытия движения скорость автомобилей ограничивается до 40 км/ч на период от 2 до 8 ч. В случае дождя движение по участку дороги с ограниченной скоростью продлевается как минимум на 2 ч после окончания дождя.

Опыт показывает, что жидкая холодная эмульсионно-минеральная смесь «сларри сил» легко распределяется и разравнивается. В результате образуется защитный слой, не пропускающий воду в нижележащие слои дорожной одежды, устраняются мелкие неровности, покрытие приобретает цвет и фактуру, похожие на асфальтобетонное покрытие.

Применение прочного щебня и дробленого песка позволяет обеспечить достаточно высокие сцепные качества и хорошую сопротивляемость износу, а также низкий уровень шума.

Поскольку износ таких слоев происходит в основном за счет истирания, срок их службы достигает восемь — десять лет на дорогах с интенсивностью движения, приведенной к легковому автомобилю до 7000 авт./сут. Возможны иные способы устройства поверхностной обработки, например из песчано-битумных смесей и смесей с применением комплексных вяжущих. Кафедрой строительства и эксплуатации дорог МАДИ разработаны песчано-резинобитумные смеси с резиновой крошкой размером 0...1 и 5...2 мм (8...10% по массе), при распределении которых слоем 1,5...2 см получают слой износа, обеспечивающий хорошее сцепление, бесшумное движение и легкое удаление с поверхности воды и ледяной пленки. Хороший результат получен при строительстве мастичного слоя износа толщиной 2...3 см с содержанием щебня 70...75%.

РАЗДЕЛ 4

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

ГЛАВА 22. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Организация строительства автомобильной дороги — это комплекс работ и мероприятий, разрабатываемых и осуществляемых для оценки и повышения эффективности строительства.

Целью организации строительства автомобильной дороги является ее сооружение со сдачей в эксплуатацию в заданный срок, при качественном выполнении всех работ и сооружений, с затратами денежных, трудовых и материальных ресурсов, не превышающими установленных в утвержденных проекте и смете. Организацию строительства автомобильной дороги можно условно разделить на два основных последовательно выполняемых этапа — этап проектирования организации строительства и этап непосредственного строительства.

На этапе *проектирования организации строительства* выполняется, по существу, проектное вариантное моделирование будущего процесса строительства в целях определения наиболее рационального и эффективного варианта его осуществления. Исходными материалами служат климатические, грунтово-гидрологические условия района, результаты изысканий местных источников ресурсов.

На этапе проектирования организации строительства участка автомобильной дороги решаются следующие задачи:

- определение общей продолжительности строительства участка автомобильной дороги, а также сроков, продолжительности и последовательности выполнения отдельных видов работ, входящих в его состав;

- определение потребности и источников получения основных дорожно-строительных материалов, изделий, конструкций и полуфабрикатов и способов их доставки к местам производства работ;
- определение количественного и качественного состава объектов производственной базы строительства, а также оптимального их размещения;
- определение потребности строительства в трудовых ресурсах, а также решение вопросов по размещению рабочих и созданию для них надлежащих социально-бытовых условий на период строительства;
- определение потребности строительства в основных дорожно-строительных машинах, оборудовании и транспортных средствах;
- решение вопросов по обеспечению строительства электроэнергией и другими ресурсами;
- решение вопросов по производственной и экологической безопасности при осуществлении строительства, включая вопросы восстановления (рекультивации) нарушенных в период строительства временно отводимых земель;
- определение основных технико-экономических показателей строительства.

Вышеуказанные задачи организации строительства, решаемые на стадии проектирования, отражаются в проекте организации строительства (ПОС) и проекте производства работ (ППР). Наличие грамотно составленных организационно-технологических документов и их правильное использование в строительном производстве во многом определяют мощь и конкурентоспособность строительной организации.

На этапе непосредственного строительства на основе разработанных проектных решений осуществляется собственно выполнение строительно-монтажных работ, а также выполнение сопутствующих работ по планированию, учету, контролю и управлению указанными строительно-монтажными работами.

Этап строительства можно условно разделить на три периода: подготовительный, основной и завершения строительства.

Подготовительный период предназначен для создания всех необходимых условий для бесперебойного ведения основных строительно-монтажных работ, к которым приступают только после полного завершения всего комплекса подготовительных процессов, а именно после:

- строительства объектов производственной базы, включая асфальтобетонные и цементобетонные заводы, полигоны железобетон-

ных изделий, прирельсовые сооружения для разгрузки материалов и их хранения, камнедробильные установки для получения щебня, установки для укрепления грунтов и т.д.; их мощность или производительность должны обеспечивать объемы выпускаемой продукции для ведения работ с заданным темпом;

- создания временной транспортной сети, обеспечивающей бесперебойную доставку материалов, изделий, конструкций и полуфабрикатов от мест их получения или изготовления на производственной базе строительства к местам производства работ, а также от мест получения материалов, прибывающих от внешних источников для строительства, к производственным базам строящегося объекта (включая подъездные автодороги, разгрузочные железнодорожные тупики, причалы и т.д.);

- комплектования строительных подразделений необходимыми кадрами строителей, а также дорожно-строительной техникой, оборудованием и транспортными средствами; формирования запаса деталей, узлов, агрегатов для ремонта техники и горюче-смазочных материалов;

- строительства временных жилых поселков строителей, обеспечивающих необходимые санитарно-бытовые условия работы и отдыха, или организации найма готовых жилых помещений;

- обеспечения объектов производственной базы и жилых поселков строителей энергоресурсами для их функционирования за счет подключения к существующим сетям энергоресурсов, строительства собственных вспомогательных установок или использования передвижных источников энергоресурсов;

- заключения договоров аренды жилья и объектов производственно-складского назначения, на отвод земель с пунктами приема, разгрузки и складирования грузов, согласования перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов по эксплуатируемым дорогам;

- создания диспетчерской связи между строительными организациями и их структурными подразделениями, в том числе на местах производства работ.

Продолжительность подготовительного этапа составляет от 5 до 12% общей продолжительности строительства.

В период основного строительства для четкого функционирования всего строительного комплекса по выполнению работ в установленные проектом сроки осуществляются:

- обеспечение строительства привозными строительными материалами, изделиями и конструкциями по договорам поставок и кон-

троля за их выполнением; контроль за оказанием транспортных услуг по перевозке людей;

- обеспечение ритмичной работы производственной базы по снабжению строительства материалами и полуфабрикатами,готавливаемыми собственными силами;

- техническое обслуживание и ремонт дорожно-строительной техники;

- обеспечение строительства энергоресурсами, горюче-смазочными материалами и водой;

- функционирование устойчивой диспетчерской связи и управление производством;

- обеспечение производственной и экологической безопасности при выполнении всего комплекса дорожно-строительных работ.

Завершение строительства включает процессы, связанные с всевозможным восстановлением территорий, занятых для ведения строительства:

- демонтаж производственной базы, складских объектов, временных жилых поселков строителей и других временных сооружений;

- разборку и ликвидацию временных дорог;

- рекультивацию временно занимаемых и использованных земель;

- передислокацию дорожно-строительной техники и рабочих;

- сдачу законченного объекта заказчику.

ГЛАВА 23. СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНО- СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

23.1. Основные положения и определения

В практике дорожного строительства работы могут быть организованы двумя основными способами: поточным и непоточным. У каждого из этих способов существуют разновидности. Выбор того или иного способа ведения строительства обусловлен рядом производственных факторов: видами и объемами работ, составом и квалификацией кадров, укомплектованностью техникой.

Линейными называют работы, объемы которых распределены более или менее равномерно по всей дороге и повторяются на отдельных участках с небольшими отклонениями от средних значений. К линейным работам относят возведение земляного полотна в небольших насыпях и выемках, строительство дорожных одежд, закрытой системы водоотвода, наружного освещения, озеленения, установку ограждений и знаков.

Сосредоточенными называют работы, производимые на небольшом по протяженности участке дороги, отличающиеся значительной трудоемкостью и технической сложностью. К ним относят возведение высоких насыпей, разработку глубоких выемок, строительство крупных комплексов зданий дорожной и транспортной службы, больших производственных предприятий, мостов, путепроводов, тоннелей, развязок и т.д. Сосредоточенные работы часто требуют привлечения для их выполнения специальных строительных организаций.

При этом поточно могут быть организованы только линейные виды работ. Сосредоточенные работы можно организовать исключительно непоточными методами.

Важнейшее понятие поточного способа организации строительства — захватка.

Захватка — длина участка, на котором действуют рабочие звенья, бригады и машины специализированного или частного потока и выполняют заданный объем работ за единицу времени (как правило, смену). Длину захватки назначают с учетом требований технологии про-

изводства работ и рационального использования работающих на ней машин.

Реализация поточного способа тем полнее, чем более масштабным является сам поток. Различают следующие виды потоков.

Частный поток включает цикл технологических операций, последовательно выполняемых на захватке звеном рабочих с помощью однотипных машин (доставка, разравнивание и уплотнение грунта, отделочные работы, установка рельс-форм).

Специализированный поток представляет собой совокупность технологически связанных частных потоков, объединяемых общей строительной продукцией в виде законченного конструктивного элемента дороги или сооружения (например, земляное полотно, основание, покрытие и т.д.).

Объектный поток — совокупность технологически связанных специализированных потоков, объединяемых конечной продукцией в виде законченного объекта (участок дороги, мост и т.д.).

Комплексный поток — группа организационно связанных объектных потоков. В результате его работы завершается комплекс инженерных сооружений, входящих в состав дороги.

Часто для реализации непрерывности работы последовательно работающих строительных подразделений требуется организация задела — участка законченного рабочего процесса или конструктивного элемента дороги, подготовленного для выполнения последующих элементов. Заделы необходимы как резерв для обеспечения работы последующих подразделений. Различают заделы сезонные и текущие. Сезонным называют задел, например, обеспечивающий работу автоматизированного комплекса по строительству дорожной одежды, в виде готового участка земляного полотна, рассчитанного на готовую производительность комплекта. К сезонным относят также заделы по возведению земляного полотна в благоприятный период года для строительства на нем зимой основания дорожной одежд.

Организационный перерыв P_o — перерыв между смежными частными потоками или захватками одного потока, вызванный необходимостью подготовки участка для последующего потока или захватки. Помимо организационного перерыва может быть предусмотрен другой вынужденный перерыв — технологический.

Технологический перерыв P_t — перерыв в работах на участке протяженностью в одну и даже несколько захваток, вызванный характером работ (выдерживание бетона, цементогрунта и т.д.).

23.2. Комплексно-механизированный поточный способ

Наиболее прогрессивным способом (методом) ведения дорожно-строительных работ является комплексно-механизированный поточный способ.

Условием, определяющим возможность применения комплексно-механизированного поточного способа работ, является наличие разнотипных работ (элементов, составляющих строительство объекта в целом), которые достаточно равномерно распределены на линейно протяженном объекте.

Под поточным способом производства работ следует понимать такой способ их ведения, при котором осуществляется непрерывное (по технологии) и последовательное (по протяжению) выполнение работ специализированными отрядами машин.

Характерным примером поточного способа выполнения дорожно-строительных работ является комплекс работ по устройству дорожной одежды автомобильной дороги, при котором специализированный отряд дорожных машин выполняет последовательно и непрерывно устройство отдельных конструктивных слоев дорожной одежды таким образом, что после завершения его работы изготовлена продукция в виде законченного элемента дороги — дорожной одежды.

При этом следует помнить, что фактические сменные объемы и длины захваток не остаются постоянными из-за климатических (осадки, ветер, туман, температура) и организационно-производственных (дальность транспортирования материалов, слаженность во взаимодействии внутри отрядов, неполадки техники) факторов. В связи с этим обычно под проектной сменной выработкой подразумевают средненедельные или среднемесячные объемы.

Так как автомобильная дорога является комплексом различных элементов и работ (водопропускные трубы, земляное полотно, дорожная одежда, обстановка дороги и т.д.), то выполнение всех этих работ может быть осуществлено комплексом разнообразных специализированных машин и механизмов, образующих комплексно-механизированный поток.

Поточный метод строительства имеет следующие положительные особенности:

- обеспечиваются высокие качество работ и производительность труда за счет высокой квалификации рабочих и правильно подобран-

ного технического оснащения специализированных отрядов (звеньев), выполняющих одну операцию (или незначительное количество операций) на протяжении значительного периода времени;

- обеспечивается наивысшая эффективность использования дорожно-строительных машин и оборудования при их минимальной потребности и максимальном коэффициенте загрузки;

- облегчаются технический контроль и руководство работами, обслуживание машин и оборудования, ведение оперативного учета выполнения работ;

- сокращаются непроизводительные расходы (складские, административно-хозяйственные и др.);

- каждую смену сдается в эксплуатацию готовый участок дороги.

Поточный метод требует строгого обеспечения ресурсами и заблаговременного выполнения части сосредоточенных работ. Нарушение этих условий приведет к нарушению *непрерывности* — основного принципа поточного производства.

Основным показателем работы специализированного потока (или отряда, выполняющего работы по строительству отдельного элемента дороги, например дорожной одежды) является скорость потока.

Скоростью (или темпом) работы специализированного комплексного строительного потока принято называть величину, исчисляемую протяжением готового участка дороги, построенного этим потоком за единицу времени (смену, месяц, год). Организация работ поточным методом характеризуется также и другими основными показателями.

Фронт работ (или длина потока) — длина участка дороги, на котором одновременно осуществляется работа всех специализированных отрядов комплексного потока.

Полное время действия потока — продолжительность выполнения строительных работ одним потоком.

Время развертывания потока — время от начала работы первого специализированного отряда до начала работы последнего отряда.

Время установившегося потока — время работы потока, в течение которого все подразделения работают непрерывно и через определенные интервалы времени выдают готовую продукцию.

Время свертывания потока — время от завершения работы первого специализированного отряда до завершения работы последнего отряда.

Общая продолжительность строительства объекта при поточном методе состоит из трех частей: времени развертывания потока $t_{\text{разв}}$; времени установившегося потока $t_{\text{уст}}$; времени свертывания потока $t_{\text{св}}$ (рис. 23.1).

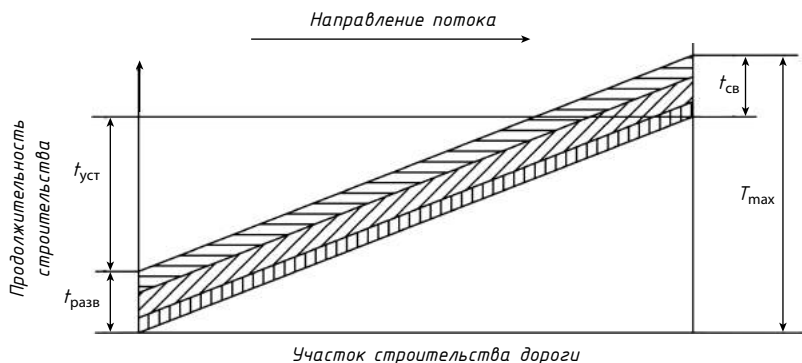


Рис. 23.1. Поточный метод организации работ

Направление движения потока — направление, в котором осуществляется выполнение работ.

Для повышения эффективности и ритмичности работ поточным способом необходимо их проведение с наибольшим использованием машин, что возможно только при осуществлении комплексной механизации. При этом комплексная механизация характерна тем, что на каждом участке потока работают различные механизированные звенья, производительность которых увязана между ними, соответствует их скорости и скорости всего потока. Промышленность выпускает много машин с различными параметрами, поэтому для обеспечения требуемой производительности и скорости потока необходимо подбирать комплекты машин для каждого звена. Этот подбор труден тем, что поток включает многочисленные и разнообразные работы и не всегда удастся подобрать такой состав звена, в котором при заданной скорости потока все машины будут полностью использованы. В связи с этим для повышения коэффициента использования незагруженных машин желательно их использование в других механизированных звеньях. Для выравнивания скорости движения отдельных звеньев в объектном потоке возможно варьирование продолжительности смены и увеличение количества ведущих машин.

При строительстве поточным способом дорог невысоких категорий целесообразно использовать одно механизированное звено для строительства двух конструктивных слоев. Например, устройство дренающего слоя из песка методом «на себя» с последующим строительством основания из щебеночно-песчаных смесей или укрепленного грунта методом «от себя».

Определение оптимального парка дорожно-строительных машин. Решающим условием полноценного использования парка машин является его рациональное комплектование. Оптимизация комплектования машин парка позволяет значительно улучшить его эксплуатацию при меньших затратах и более высоком коэффициенте использования отдельных машин и всего парка в целом.

Машины в комплекте подразделяют на ведущие и комплектующие (вспомогательные). К ведущим относят машины, выполняющие операцию или работу, задающие общий темп процессу. При формировании комплекта машин прежде всего исходят из требований технологического процесса, видов и объемов работ. Выбирают наиболее пригодные для данных условий типы и марки машин и рассчитывают их количество, обеспечивающее выполнение всего объема работ в заданный срок. Очень важно также обеспечить взаимную увязку параметров всех машин, без которой невозможна слаженная и бесперебойная работа всего комплекта.

Следует также учитывать, что разделение машин в комплекте на ведущие и вспомогательные относительно и характерно для случаев полной комплектации механизированного звена. В случае недокомплекта вспомогательных машин именно они являются ведущими, поскольку определяют сменную производительность отряда. Например, в звене по строительству дренающего слоя из песка, разрабатываемого в карьере ведущей машиной — экскаватором с высокой производительностью, в случае недостаточного количества автомобилей-самосвалов они реально определяют темп работ.

Число ведущих машин в комплекте, необходимое для выполнения заданного объема работ в установленные сроки,

$$N_b = V / P_b b t,$$

где V — объем работ на дороге; P_b — сменная производительность ведущей машины; b — число смен в сутки; t — срок выполнения работ, дн.

Число комплектующих машин в комплекте, необходимое для обеспечения бесперебойной работы ведущих машин,

$$N = P_b N_b / P^c,$$

где P^c — сменная производительность комплектующей машины.

Определение оптимальной длины захватки. Длина и производительность каждого частного потока зависит от числа и длины составляющих его захваток. Захватку частного потока по возведению земляно-

го полотна рассчитывают по объему земляных работ, выполненных за смену. Частные потоки по строительству дорожной одежды измеряют в метрах, поэтому и захватки также измеряют в метрах.

Объем земляных работ изменяется по длине дороги в зависимости от высоты насыпи и глубины выемки. В связи с этим протяженность земляного полотна, возводимого за смену, не может быть постоянной. Для назначения оптимальной длины захватки дорогу разделяют на участки, отличающиеся между собой по условиям и характеру проведения работ. Для каждого такого участка, имеющего одинаковые условия выполнения работ, производят выбор ведущей машины. Выбор оптимального варианта производят на основании технико-экономических расчетов, при которых по каждому варианту определяют стоимость работ, затрачиваемую энергию, выработку рабочих и другие технико-экономические показатели. Так как может быть получено большое число вариантов, для решения задачи применяют ЭВМ.

Сменная захватка частных потоков по строительству дорожных одежд зависит от вида работ, сроков их выполнения, сменности и производительности применяемых комплектов машин. Для каждого частного потока по устройству отдельного конструктивного слоя определяют свою оптимальную длину захватки. Сначала путем деления протяженности дороги на число дней работы частного потока определяют минимальную длину захватки. Максимальную длину захватки устанавливают из условий наибольшего использования производительности ведущей машины. Оптимальная длина захватки, находящаяся в промежутке между максимальной и минимальной, определяется по формуле

$$l_0 = \sum C_{\text{мсм}} / BC,$$

где $\sum C_{\text{мсм}}$ — суммарная стоимость машиносмен всех машин, входящих в комплект, руб.; B — ширина слоя, сооружаемая данным комплектом машин, м; C — затраты на 1 м², руб.

Критерием оптимальности при расчете является минимум приведенных затрат на единицу готовой продукции. Все расчеты проводят с использованием ЭВМ с учетом необходимых данных для нескольких длин захваток. По полученным данным целесообразно построить график и по нему установить длину захватки при различных составах машин и величине затрат.

Следующим критерием оптимальности служит коэффициент использования парка дорожных машин во времени (КВП), который должен стремиться к максимальному значению. Еще одним критерием оптимизации считается рациональное для условий строительства ко-

личество автомобилей-самосвалов и строительной техники, занятых на объекте при данной длине захватки. На основании найденных оптимальных длин захваток каждого специализированного звена определяют скорректированную длину захватки специализированного потока в целом. Корректировка необходима для обеспечения ритмичной работы всех специализированных звеньев и исключения больших организационных перерывов в их работе.

При строительстве автомобильных дорог большой протяженности возникает необходимость применения нескольких одновременно работающих потоков в целях обеспечения нормативной или директивно установленной продолжительности строительства объекта. Расчетное количество комплексных потоков в таких случаях может быть определено по формуле

$$N = \frac{L}{V_{\text{п}} T},$$

где L — протяжение намеченного к строительству участка дороги, км; $V_{\text{п}}$ — скорость потока, км/год; T — нормативная (или директивная) продолжительность строительства, год.

Разновидностью поточного метода является некомплексный (или неполный) поточный метод, при котором комплексный поток дорожно-строительных машин не работает как единое целое, а разделяется на специализированные отряды, выполняющие строительство отдельных элементов дороги хотя и поточным способом, но со значительным разрывом во времени (организационными перерывами).

Характерным примером этого метода является строительство участка автомобильной дороги, когда подготовительные работы, строительство искусственных сооружений и возведение земляного полотна осуществляются в первый год строительства, а работы по устройству дорожной одежды и обстановка дороги — во второй год строительства.

23.3. Непоточные способы организации дорожно-строительных работ

Строительство участка автомобильной дороги представляет собой сочетание не только линейных, но и сосредоточенных работ. Кроме того, дорожная организация не всегда способна исключительно своими силами выполнить строительство крупного объекта. В связи с этим

реализация поточного метода в чистом виде иногда практически неосуществима и работы производят непоточными способами (методами). Различают две разновидности непоточного метода — параллельный и последовательный.

Параллельный способ заключается в одновременном выполнении комплекса работ на всем протяжении строящейся дороги, разделенной на самостоятельные участки (рис. 23.2). Такой способ позволяет значительно ускорить строительство благодаря сосредоточению большого количества трудовых и материально-технических ресурсов многих специализированных подразделений. Этот метод применяют при необходимости ввода крупного объекта в эксплуатацию в сжатые сроки. Параллельный способ организации работ использован, например, при реконструкции МКАД. Главными недостатками этого способа организации являются сложность обеспечения одного уровня качества на всех участках, снижение квалификации рабочих (из-за необходимости осуществления разнообразных работ небольшим по численности составом) и эффективности работы строительных машин.

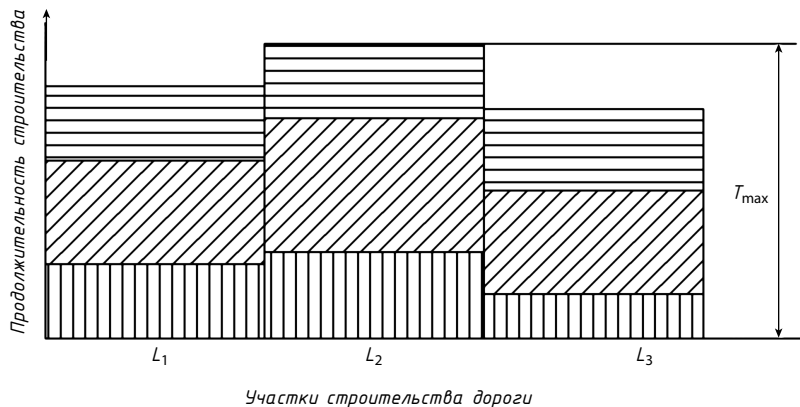


Рис. 23.2. Параллельный метод организации работ

Сквозное движение транспорта на строящемся непоточным способом объекте возможно лишь при завершении строительных работ всеми строительными организациями.

Последовательный способ состоит в том, что все строительные процессы выполняют сначала на одном участке дороги, а затем все силы и ресурсы перемещают на следующий участок, и так до полного завершения строительства дороги (рис. 23.3).

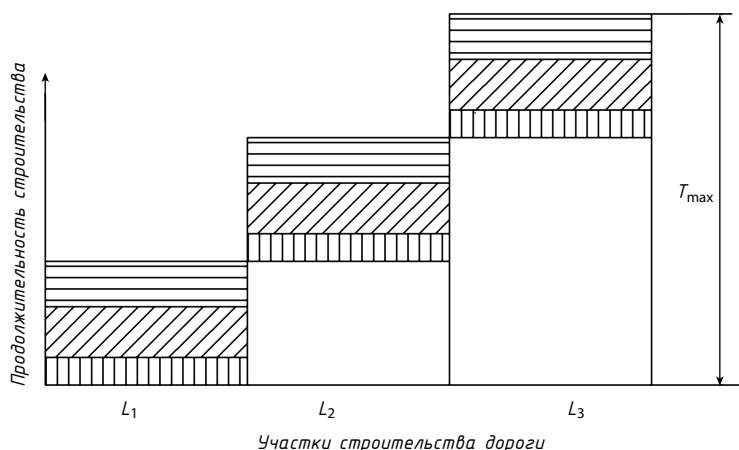


Рис. 23.3. Последовательный метод организации работ

При этом методе достигается концентрация сил и ресурсов строительной организации на коротком участке, что облегчает руководство работами и контроль за их качеством. Недостатками данного метода являются неизбежные перерывы в использовании технических и материальных ресурсов из-за отсутствия необходимых заделов, что в конечном счете удлинняет и удорожает строительство объекта в целом.

Тем не менее этот метод нередко применяют в дорожном строительстве, поскольку иногда невозможно открыть одновременно фронт работ на всем протяжении строящейся дороги из-за задержки сноса строений, расчистки территории от леса, необходимости сохранения нормального движения транспорта и других причин.

Цикловой последовательный способ заключается в выполнении комплексов отдельных однотипных работ специализированным отрядом поочередно на нескольких аналогичных сосредоточенных объектах (см. рис. 23.3). Чтобы применить данный метод (иногда его называют цикловым поточным методом), необходимо наличие на строящемся участке автомобильной дороги нескольких однотипных сосредоточенных объектов, а также возможность осуществления их последовательного строительства без задержки общего срока ввода участка автомобильной дороги в эксплуатацию. Этот способ позволяет избежать указанных выше недостатков параллельного метода, однако зачастую приводит к перерывам в работе специализированных отрядов (звеньев), что обуславливает частичное удорожание и увеличение продолжительности работ.

ГЛАВА 24. ПРОЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

24.1. Основные вопросы проекта организации строительства

Проект организации строительства (ПОС) является составной частью технического проекта. Главное назначение ПОС — определение организационно-технологической модели строительства автомобильной дороги и данных, необходимых для составления сметной стоимости строительства, на основе исходной информации по результатам изысканий, сведений о потенциальных строительных организациях по выполнению работ и технико-экономического обоснования строительства.

Нормативным документом рекомендательного характера, устанавливающим для добровольного применения общие правила ведения строительства, сложившиеся в практике и обусловленные действующим законодательством, является СНиП 12-01—2004 «Организация строительства». Требования указанного документа приобретают статус обязательных, если в договоре строительного подряда имеется ссылка на применение настоящих строительных норм и правил при строительстве конкретного объекта.

В дополнение к указанному СНиПу при разработке ПОС используют ведомственные и отраслевые нормативные документы, технические и технологические регламенты.

Проект организации строительства объекта должен разрабатываться на полный объем строительных работ, предусмотренный проектом, и должен содержать следующие документы.

1. Календарный план и календарный график строительства. Календарный план на подготовительный период составляется отдельно (с распределением объемов работ по месяцам).

2. Строительные генеральные планы для подготовительного и основного периодов строительства с расположением постоянных зданий и сооружений, мест временных, в том числе мобильных (инвентарных), зданий и сооружений, существующих и подлежащих сносу строений, складских площадок, постоянных и временных железных и автомобильных дорог.

3. Организационно-технологические схемы, определяющие оптимальную последовательность возведения зданий и сооружений с указанием технологической последовательности работ.

4. Ведомость объемов основных строительно-монтажных и специальных строительных работ с выделением работ по основным зданиям и сооружениям, пусковым комплексам и периодам строительства.

5. Ведомость потребности в строительных конструкциях, изделиях, материалах и оборудовании с распределением по календарным периодам строительства.

6. График потребности в основных строительных машинах и транспортных средствах по строительству в целом, составленный на основе физических объемов работ, объемов грузоперевозок и норм выработки строительных машин и средств транспорта.

7. График потребности в кадрах строителей по основным категориям.

8. Пояснительную записку, включающую:

- характеристику условий и сложности строительства;
- обоснование методов производства и возможность совмещения строительно-монтажных и специальных строительных работ;
- указания о методах осуществления инструментального контроля качества;
- мероприятия по производственной безопасности;
- перечень условий сохранения окружающей природной среды;
- обоснование потребности в основных строительных машинах, механизмах, транспортных средствах, электрической энергии, паре, воде;
- обоснование потребности в строительных кадрах, жилье и социально-бытовом обслуживании строителей;
- обоснование принятой продолжительности строительства объекта.

Обоснования всех потребностей и затрат должны содержать решения по источникам их покрытия. Кроме того, в проекте организации строительства должны быть приведены технико-экономические показатели.

Генеральный план строительства. Одним из основных документов проекта организации строительства автомобильной дороги является генеральный план строительства, отражающий решения по размещению производственных баз строительства, включая мобильные здания и сооружения, постоянных и временных железных и автомобильных дорог, проектируемого объекта, его сооружений и т.д. Его цель — рациональная организация территории строительной площадки.

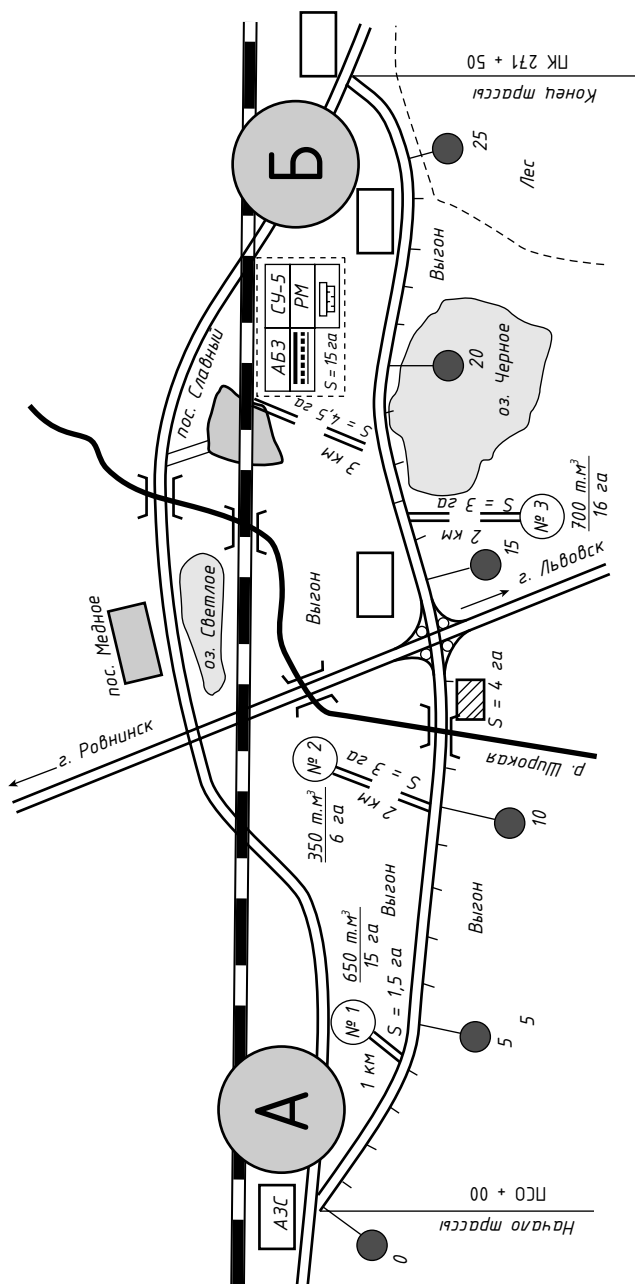


Рис. 24.1. Генеральный план строительства участка автомобильной дороги

При проектировании генерального плана следует руководствоваться следующими основными принципами:

1. Все временные здания, сооружения и сети должны размещаться на территории строительства таким образом, чтобы обеспечить наиболее удобное обслуживание основного производства.

2. Расстояние транспортирования материалов, конструкций и других грузов, а также количество перегрузок должны быть минимальными.

3. Единовременные затраты на временные сооружения, инженерные сети и расходы на их последующую эксплуатацию должны быть минимальными.

На рисунке 24.1 приведен пример генерального плана строительства участка автомобильной дороги.

24.2. Определение потребности строительства в материально-технических и трудовых ресурсах

Одним из важных элементов проектирования организации строительства и производства дорожно-строительных работ является определение потребности строительства в материально-технических и трудовых ресурсах. Указанную потребность возможно разделить на потребности:

- в материалах, изделиях, конструкциях и полуфабрикатах, необходимых для непосредственного выполнения дорожно-строительных работ;

- в дорожно-строительных машинах, оборудовании и транспортных средствах;

- во вспомогательных ресурсах, к которым относятся горюче-смазочные материалы, электроэнергия, сжатый газ, воздух, пар и т.д.;

- в зданиях и сооружениях;

- в трудовых ресурсах.

Потребность строительства в материалах, изделиях, конструкциях и полуфабрикатах рассчитывается на основании принятых проектных решений по конструкциям элементов дороги (искусственные сооружения, земляное полотно, дорожная одежда, обстановка дороги и т.д.) и их физических объемов. Потребности в материалах (укрепленных грунтах и каменных материалах, различных смесях, отходах промышленности) определяют с учетом запаса на их уплотнение:

$$V = lbhK_{3,y}, \text{ м}^3,$$

где l — длина конструктивного элемента дороги из данного материала (основание, покрытие), м; b — ширина слоя, м; h — толщина слоя по проекту (в уплотненном состоянии), м; $K_{3,y}$ — коэффициент запаса на уплотнение, зависящий от свойств материала и физически указывающий, насколько увеличивается плотность материала после завершения его уплотнения; $K_{3,y}$ может колебаться в широких пределах, но обычно в среднем составляет 1,2...1,3.

Потребность в материалах в тоннах (например, асфальтобетонные смеси) определяют по формуле

$$V = lbhK_{3,y}\rho, \text{ т},$$

где ρ — плотность материала в конструктивном слое после уплотнения, т/м³.

Потребность в природных материалах (щебне, гравии, песке) определяют с учетом изменения их геометрического объема по отношению к естественной (природной) плотности и потерь при транспортировании к объекту. Только в этом случае коэффициент $K_{3,y}$ характеризует увеличение плотности материала после завершения его уплотнения по отношению к плотности естественного залегания (в карьере).

Потребность в грунте для строительства насыпей определяют с учетом изменения его геометрического объема по отношению к естественной плотности в карьере, резерве, выемке и потерь при транспортировании к объекту:

$$V_{\text{н}} = V_{\text{геом}} K_{0,y}, \text{ м}^3,$$

где $V_{\text{геом}}$ — геометрический объем насыпи, соответствующий по плотности состоянию грунта естественного сложения, м³; $K_{0,y}$ — коэффициент относительного уплотнения, зависящий от свойств грунта и физически указывающий, насколько изменяется его плотность после окончания уплотнения; $K_{0,y}$ обычно в среднем равен 1,1, хотя для плотно сложенных глинистых грунтов или скальных грунтов, сильно разрыхляемых при разработке, принимает значения меньше 1,0.

Потребность строительства в дорожно-строительных машинах, оборудовании и транспортных средствах рассчитывается при составлении календарного графика строительства объекта и определении составов специализированных отрядов для выполнения строительных работ в зависимости от видов и объемов работ, условий их осуществления и необходимой продолжительности их выполнения.

Главным критерием оптимизации парка техники являются минимальные суммарные приведенные затраты на выполнение всего объема работ с условием развития ремонтной базы.

Необходимое количество машин данного типа (по вместимости кузова или ковша, по грузоподъемности, мощности, производительности) для одной рабочей смены определяется по формуле

$$N = \frac{V_{\text{см}}}{P_{\text{см}}}, \text{ шт.},$$

где $V_{\text{см}}$ — сменный объем работ для выполнения машиной данного типа; $P_{\text{см}}$ — сменная производительность машины данного типа.

Сменную производительность рассчитывают по формулам или принимают по фактическим замерам в конкретных рабочих условиях.

При планировании среднегодового количества машин расчет выполняют в следующем порядке. Сначала находят среднегодовое количество машин данного типа для выполнения каждого вида работ:

$$N_{\text{с.г}} = \frac{Vf}{B}, \text{ шт.},$$

где V — требуемый к выполнению или годовой объем работ данного вида в натуральном выражении; f — доля объема работ, выполняемая данным типом машин; B — годовая выработка данного типа машины, ед./год.

Затем суммируют потребность в машинах данного типа по всем видам работ, в которых планируется их участие:

$$N_{\sum \text{с.г}} = \sum_1^m N_{\text{с.г}}, \text{ шт.},$$

где m — количество видов работ с участием машин данного типа.

При необходимости проводят расчеты поставок недостающих машин или взамен списываемых.

Потребность строительства во вспомогательных ресурсах определяется отдельно по каждому типу ресурса по формуле

$$R = \sum T\lambda, \text{ ед.},$$

где T — суммарное количество машино-смен работы данного типа машин или оборудования; λ — нормированный показатель сменного ресурса для данного типа машин или оборудования.

Потребность в горюче-смазочных материалах для автомобильного транспорта определяют по формуле

$$Q_{\text{гсм}} = \sum \frac{L\gamma}{100}, \text{ л,}$$

где L — суммарный пробег данного типа автомобиля, км; γ — нормированный показатель расхода горюче-смазочных материалов для данного типа автомобиля на 100 км пробега, л.

Для нужд строительства широко используются временные мобильные (инвентарные) здания и сооружения административно-бытового и складского назначения. По возможности следует арендовать и приспособлять для строительных нужд существующие здания в ближайших населенных пунктах. Оборудование зданий и помещений должно быть завершено до начала работ. Расчет площадей выполняют на наиболее многочисленную смену.

Потребность строительства в трудовых ресурсах осуществляется с учетом последовательности (или параллельности) выполнения работ и возможного совмещения или замещения профессий.

Трудовые ресурсы рассчитываются, как и в случае определения потребности в технике. При этом надо стремиться к равномерности использования общей численности работающих на всем протяжении строительного цикла. При нехватке постоянного кадрового состава и нецелесообразности его увеличения в отдельные сезоны проводят временный набор контингента.

Потребность в инженерно-технических работниках, служащих, младшем обслуживающем персонале и охране определяется в соответствии с нормативами численности этих категорий для дорожной отрасли в строительстве. Если предусматривается вахтовый метод ведения работ, то оговаривается продолжительность вахты. Обычно она не должна превышать 1 мес., хотя в исключительных случаях работодатель может увеличить ее до 3 мес.

24.3. Сроки производства дорожно-строительных работ

Продолжительность и норматив задела строительства автомобильной дороги выполняется в соответствии со СНиП 1.04.03—85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений». Нормами установлены сроки для дорог П...V категории во II и III дорожно-климатических зонах в равнинной

и холмистой местности. Требуемые сроки выполнения работ учитывают вид основного рабочего оборудования, количество потоков, а также тип дорожного покрытия. Для наглядности в табл. 24.1 даны осредненные приведенные темпы общей продолжительности строительства в километрах за 1 мес. работ одним потоком исходя из предельной протяженности участков дорог в установленные нормами сроки.

Таблица 24.1

Осредненные темпы строительства за один месяц работ

Категория дороги	II	III	IV	V
Приведенная календарная продолжительность, мес./1 км	2...2,5	3...6	2...4	2...4

В связи с более благоприятными климатическими условиями при строительстве дорог в IV и V дорожно-климатических зонах предельная протяженность участков дорог, предусмотренная нормами продолжительности строительства, должна быть увеличена на 10%.

СНиП 1.04.03—85 не предусматривает нормативы для следующих случаев:

- строительство дороги I категории;
- строительство в I дорожно-климатической зоне;
- строительство в сильнопересеченной и горной местности;
- прохождение трассы по болотам на протяжении более 25% ее общей протяженности; строительство городских улиц и дорог.

В указанных выше случаях директивная продолжительность устанавливается проектом организации строительства.

Границы дорожно-климатического районирования территории Российской Федерации, определяющие требования в отношении календарной продолжительности, приведены в ОДН 218.046—01.

Различные виды строительных работ следует выполнять в наиболее благоприятные периоды года, когда грунты находятся в незамерзшем состоянии и влажность их не слишком велика, а температура воздуха достаточно высока для работы с нагретыми материалами. Большое значение имеет и возможность передвижения техники по грунтовым дорогам. Такие благоприятные периоды зависят от географического расположения территории строительства и существенно разнятся по территории страны. В связи с этим продолжительность всего строительного цикла и выполнения отдельных групп работ изменяется в значительных пределах. Такие пределы можно установить, например, графически по изотерме дорожно-климатического графика,

общий вид которого показан на рис. 24.2, или по СНиП 11 А–82. Это не означает, что строительство нельзя проводить в периоды за пределами температурных ограничений. Порой выполнение части земляных работ в зимнее время позволяет избежать простоя машин, приводящего к убыткам, и сократить объемы работ летом, когда потребность в транспортных средствах особенно велика. При соответствующем технико-экономическом обосновании или при внешних ситуациях дополнительные затраты позволяют продлить строительный сезон.

В процессе строительства погодные изменения сокращают количество рабочих дней. При сильных осадках и ветре, тумане, необычно высокой жаре работы следует приостановить до момента наступления благоприятной для продолжения строительства погоды.

Однако в некоторых регионах, где невозможен проезд в теплое время года (например, в заболоченной местности), отдельные виды работ, особенно земляные, возможно организовать лишь в морозный сезон. Такое решение оказывается порой не только рациональным, но и единственным. В то же время при разработке скальных грунтов их промерзание практически не имеет значения.

При соответствующем технико-экономическом обосновании почти все работы можно проводить круглогодично. Применение специальных инженерных мероприятий может потребовать изменения температурных ограничений при производстве работ как в большую, так и меньшую сторону.

При составлении календарных планов также необходимо принимать во внимание неизбежные затраты времени на плановые ремонты техники.

Расчет, позволяющий определить максимальное количество рабочих дней в пределах отведенного периода по каждой группе работ, можно выполнить следующим образом:

$$T_{\max i} = A_i - T_{\text{вых}} - T_{\text{кл}} - T_{\text{рем}} - T_{\text{т.о}} - T_{\text{разв}}, \text{ сут.},$$

где A_i — количество календарных дней в строительном сезоне для выполнения работ данной группы на данной территории; $T_{\text{вых}}$ — количество выходных и праздничных дней за период A_i ; устанавливаются по календарю в пределах дат начала и окончания работ по данной группе; $T_{\text{кл}}$ — количество нерабочих дней (простоев) по климатическим условиям за период A_i ; $T_{\text{рем}}$ — количество нерабочих дней (простоев) из-за ремонта машин и оборудования; $T_{\text{т.о}}$ — продолжительность планируемых технологических и организационных разрывов в днях; $T_{\text{разв}}$ — количество дней, необходимых на развертывание потока, т.е. времени для вступления всех машин специализированного отряда в работу.

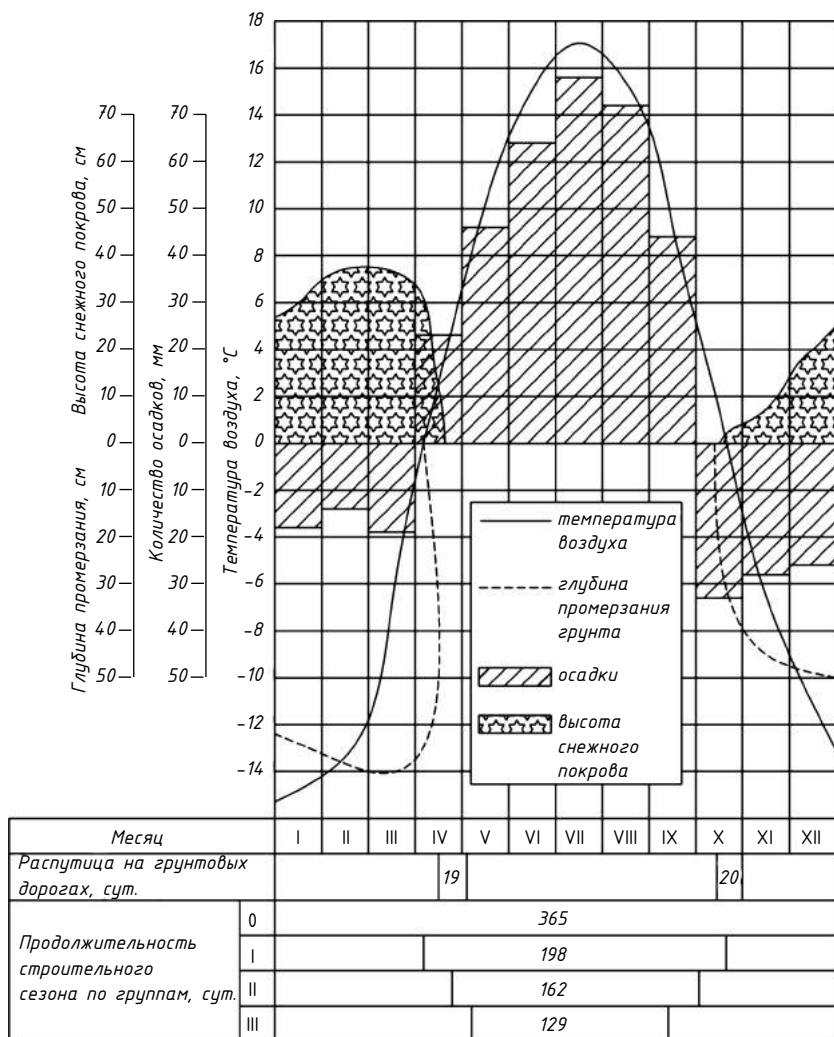


Рис. 24.2. Дорожно-климатический график (осредненный для Свердловской области)

Строительство дороги занимает обычно несколько лет. Земляное полотно, как правило, возводят заблаговременно. К строительству дорожной одежды лучше приступать не ранее следующего строительного сезона после завершения постройки земляного полотна, чтобы иметь возможность исправить его дефекты.

При одновременном ведении земляных работ и устройства дорожной одежды между ними следует предусмотреть участок готового земляного полотна — *задел*. Он необходим на случай задержки в земляных работах из-за неблагоприятных погодных условий, выхода из строя дорожной техники и по другим причинам. Величина задела во многом зависит от темпа работ по устройству дорожной одежды и ориентировочно составляет 500...1000 м.

24.4. Календарные графики организации строительства автомобильной дороги

Календарный график организации строительства автомобильной дороги представляет собой графическое изображение реализации строительного процесса и содержит информацию о сроках, объемах, последовательности, направлении выполнения дорожно-строительных работ, а также о потребности в трудовых ресурсах, средствах механизации в любой момент производственного цикла.

Наибольшее распространение в практике проектирования организации строительства автомобильных дорог получил *линейный календарный график*, вид которого приведен на рис. 24.3. Такой график позволяет осуществлять детализацию поточного производства до любой степени — начиная от изображения работы комплексного потока одной линией и завершая семейством линий, отражающих работу специализированных отрядов и даже при необходимости работу бригад или звеньев.

Как правило, разработка линейного календарного графика строительства автомобильной дороги выполняется в следующем порядке:

1. Устанавливается продолжительность строительства.
2. Определяются директивные сроки производства различных видов строительных работ с учетом рекомендуемого температурного диапазона их выполнения.
3. Устанавливается фактическое время для выполнения работ по каждому виду с учетом местных условий. Так, в планах следует учитывать количество дней с неблагоприятными погодными факторами, когда работы могут быть ограничены или приостановлены.
4. На основании объемов работ определяются составы специализированных отрядов, количество отрядов и направления их движения для принятых технологий производства работ. Надо стремиться к возможному сокращению количества отрядов на отдельном виде

работ и тем самым избегать их рассредоточения по объекту. В этих целях предусматривается преимущественная организация работ в две или даже три смены. Так, в зимний сезон земляные работы во избежание промерзания грунта лучше вести круглосуточно.

5. Принимается решение о рациональном темпе выполнения работ по каждому виду, т.е. устанавливаются оптимальные сменные объемы и длины захваток.

6. Организовывается рациональное распределение на протяжении всего строительства имеющихся трудовых и механизированных ресурсов. Не следует допускать высокой концентрации или значительного сокращения людей и техники на объекте в отдельные календарные отрезки.

Основные правила построения линейного календарного графика:

— по горизонтальной оси в масштабе откладывают протяженность строящегося объекта, обычно в километрах, а по вертикальной — время, выраженное в сменах или сутках, на весь период строительства;

— под горизонтальной осью показывают спрямленный в линию план дороги с расположением всех искусственных сооружений, существующих и временных подъездных дорог, карьеров и объектов производственной базы и расстояний до них, населенных пунктов и других прилегающих объектов;

— под планом дороги показывают виды и объемы работ с их распределением по длине трассы;

— под видами и объемами работ приводят номера и состав отрядов и звеньев;

— слева от сетки построения календарного графика приводят эпюру потребности в дорожных рабочих, включая механизаторов, монтажников и другой вспомогательный персонал (кроме инженерно-технических работников), а справа — эпюру потребности в автомобильном транспорте; эти эпюры должны быть в возможной степени равномерными в течение всего строительного цикла;

— эпюра потребности в автомобильном транспорте должна учитывать изменение в расстоянии доставки материалов и изделий, поэтому количество потребного транспорта растет с увеличением дальности возки (рис. 24.4); сглаживание эпюры может быть достигнуто за счет передвижных смесительных установок и заводов, заблаговременной до строительного сезона заготовки материалов (песок, щебень) и конструкций у дороги, выбора более производительных автомобилей, организации перевозок различных материалов в разные смены — например, асфальтобетонную смесь везут только в первую смену, а песок для досыпки обочин — во вторую;

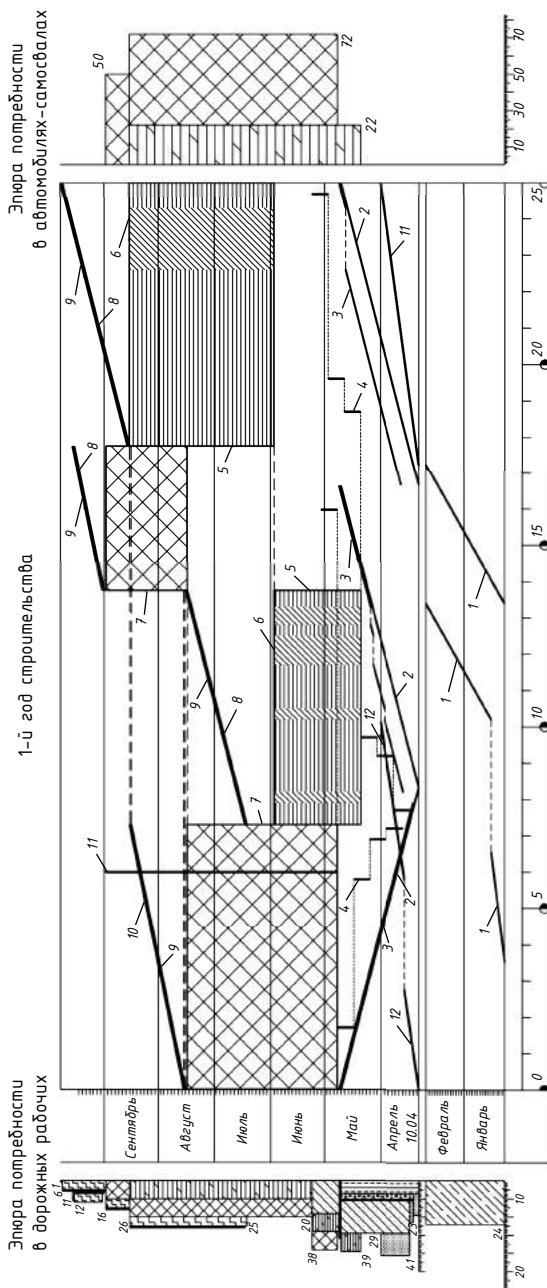


Рис. 24.3. Календарный график строительства:

1 — расчистка полосы от леса; 2 — снятие и обвалование растительного грунта; 3 — уплотнение подшвы основания под насыпь; 4 — строительство водопроводных труб; 5 — разработка выемки; 6 — возведение насыпи из грунта выемки; 7 — возведение насыпи из грунта карьера; 8 — планировка откосов выемки; 9 — профилирование поверхности земляного полотна; 10 — планировка откосов насыпи; 11 — работа карьера; 12 — устройство снеговой защитной лесополосы;

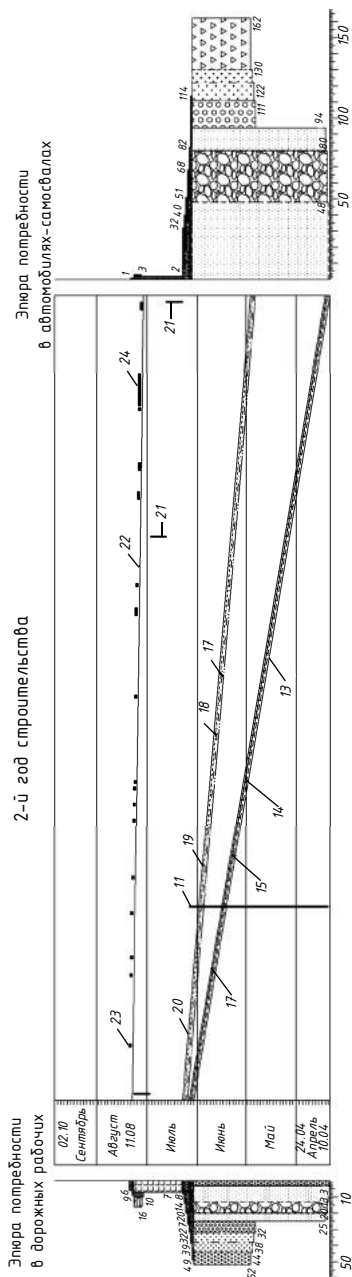


Рис. 24.3. Календарный график строительства (окончание):

13 — планировка и доуплотнение земляного полотна; 14 — устройство дополнительного слоя основания из песка; 15 — устройство нижнего слоя основания из щебня; 16 — досыпка обочин песком; 17 — устройство верхнего слоя основания; 18 — устройство покрытия из пористого асфальтобетона; 19 — устройство покрытия из плотного асфальтобетона; 20 — укрепление обочин; 21 — строительство автобусных остановок; 22 — нанесение разметки; 23 — строительство барьерного ограждения

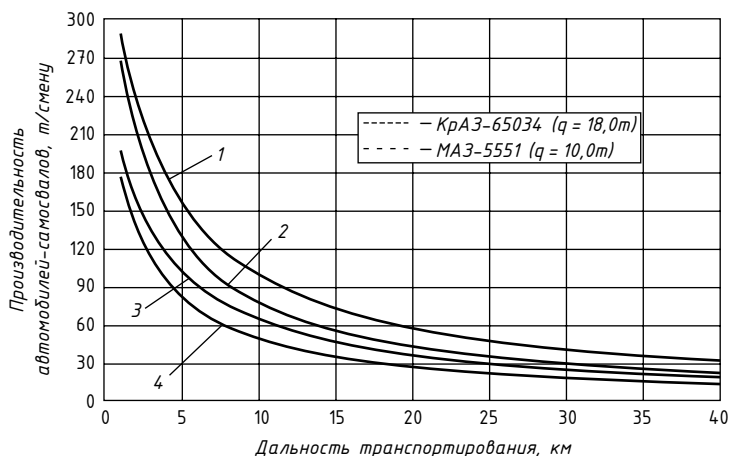


Рис. 24.4. Изменение производительности автомобилей-самосвалов от дальности транспортирования материалов:

1, 3 — по дорогам с твердым покрытием; 2, 4 — по грунтовым дорогам

— поскольку строительство дороги занимает обычно несколько лет, то на календарном графике изображают все годы, на протяжении которых будут выполнять строительство; при этом выделяют зимние периоды, сезоны распутицы и дождей и показывают те работы, которые планируется осуществлять в это время;

— сосредоточенные работы изображают вертикальными линиями, высота которых соответствует длительности этих процессов;

— строительство земляного полотна может изображаться прямоугольниками с горизонтальной стороной, соответствующей длине участка возведения насыпи или разработки выемки, и вертикальной стороной соответствующей времени работ на этом участке; отображение земляных работ может быть выполнено наклонными усредняющими линиями, что более точно отражает их характер при невысоких насыпях и неглубоких выемках;

— строительство дорожной одежды, некоторые подготовительные операции, монтаж ограждений безопасности, нанесение разметки и тому подобные линейные работы выполняют наклонными линиями; чем меньше угол наклона линии, тем выше темп движения потока;

— строительство слоев дорожной одежды, особенно асфальтобетонных покрытий, лучше организовывать от места выхода с АБЗ, чтобы обеспечить лучшие условия передвижения автомобильного транспорта; однако в осенний период с началом заметного похолодания

и при больших протяженностях строящегося объекта движение частных потоков по устройству покрытий желательно организовать в направлении АБЗ, чтобы сократить время доставки материалов с понижением средней температуры воздуха;

- если выполнение последующего процесса на участке невозможно без завершения работ предыдущего потока (например, к устройству слоя покрытия нельзя приступить без завершения устройства слоя основания), то линии, указывающие на данные работы, не должны пересекаться; пересечение графических элементов возможно для работ, не создающих взаимных помех (например, строительство АЗС и дорожной одежды, монтаж ограждений и озеленение);

- перемещение отдельных потоков, отрядов, бригад или звеньев обозначается горизонтальным пунктиром;

- если организация работ предусматривает наличие технологического перерыва, то его изображают ограничительными линиями с нижней и верхней стороны, а внутри области подписывают «технологический перерыв» с указанием его длительности.

При строительстве дорожной одежды нежелательны большие перерывы во времени при возведении конструктивных слоев из-за возможного разрушения нижних слоев от дождей и движения по ним транспортных средств.

Разновидностью календарного графика является *ленточный календарный график* (иногда называемый *графиком или диаграммой Ганта*), вид которого представлен на рис. 24.5.

Указанный график отличается от линейного графика отсутствием привязки выполняемых работ к линейным участкам трассы и тем самым не имеет возможности графически иллюстрировать календарные сроки выполнения работ в каждой точке трассы, а также направление движения дорожно-строительных потоков.

Ленточный график, как и линейный, строится в масштабе времени, которое в этом графике обычно располагается по горизонтальной оси. Одним из достоинств ленточного графика, определяющим его популярность, является сравнительная простота графического изображения процесса строительства, обеспечивающая тем самым простоту зрительного восприятия.

С помощью обоих описанных графиков можно оптимизировать строительные процессы по различным параметрам, например трудозатратам, потребности в строительных машинах, транспортных средствах, а также по равномерности поступления на строительство материалов, изделий и полуфабрикатов.

Работа	Единица изме- рения	Объем работ	Продолжи- тельность выполнения работы, смен	Месяц строительства						
				III	IV	V	VI	VII	VIII	IX X
Подготовительные работы: отвод земель — 30 га, руб-ка леса и корчевка пней — 15 га, переустройство ЛЭП 110 кВ — 5 шт.	тыс. руб.	708.6	35							
Строительство водопропускных труб — всего, в том числе: $d = 1,0$ м — 7 шт. /175 мм, $d = 1,5$ м — 5 шт. /135 мм	шт./мм	12 / 310	64							
Возведение земляного полотна	тыс. м ³	570	125							
Устройство дорожной одежды	тыс. м ²	128	162							
Обстановка дороги (установка дорожных знаков — 25 шт., установка сигнальных столбиков — 150 шт., установка ограждения из криволинейного бруса — 240 м, устройство дорожной разметки — 4800 м ²)	тыс. руб.	2280	57							

Примечание. В период с мая по сентябрь работы выполняются в две смены.

Рис. 24.5. Ленточный календарный график

Вопреки мнению о практической невозможности многократного уточнения и корректировок линейных и ленточных календарных графиков в соответствии с изменяющимися условиями строительства их оперативное исправление не только не составляет большого труда, но и позволяет принять обоснованные решения по принятым изменениям с увязкой по работе всех технологических потоков.

Принятая календарная организация ведения строительства должна позволять обеспечивать на всех этапах требуемое качество выходной продукции, полное соблюдение требований производственной и экологической безопасности. Нарушение хотя бы одного из правил недопустимо и потребует переработки календарного планирования.

Следует отметить, что лишь вариантное составление календарных графиков позволяет достигать наилучшей организованности производственного процесса.

ГЛАВА 25. ПРОЕКТ ПРОИЗВОДСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

25.1. Основные положения

Под проектом производства дорожно-строительных работ (ППР) следует понимать техническую документацию, разрабатываемую, как правило, генеральной подрядной строительно-монтажной организацией в развитие проекта организации строительства.

Допускается, что на отдельные виды общестроительных, монтажных и специализированных строительных работ ППР могут разрабатываться организациями, выполняющими эти работы. Кроме того, ППР по заказу генеральной подрядной или субподрядной строительно-монтажной организации могут разрабатываться проектными, проектно-конструкторскими и другими организациями. Производить работы при отсутствии ППР запрещено.

ППР на строительство участка автомобильной дороги в своем составе должен содержать:

- календарный план производства работ по объекту или комплексный сетевой график;
- строительный генеральный план;
- графики поступления на объект строительных конструкций, изделий, материалов и оборудования;
- графики движения основных строительных машин по объекту;
- технологические карты (схемы);
- решения по производству геодезических работ;
- решения по технике безопасности;
- решения по прокладке временных сетей водо-, тепло- и энергоснабжения и освещения (в том числе аварийного) строительной площадки и рабочих мест;
- решения по диспетчерскому управлению строительством, в том числе автоматизации этим управлением и обеспечению кадров технологической связью;
- пояснительную записку, включающую:
 - обоснование решений по производству работ, в том числе выполняемых в зимнее время,
 - потребность в энергетических ресурсах,
 - технико-экономические показатели.

25.2. Сетевые графики производственных процессов

Современное строительное производство — чрезвычайно сложный процесс с большим потоком информации. Оперативный анализ постоянно поступающих данных об изменяющейся фактической обстановке — залог продуктивного контроля над технологиями, расходами ресурсов, кадрами, сроками и качеством работ. Эффективным способом, с помощью которого можно осуществлять планирование и управление строительством, является логико-математическое моделирование строительного производства с использованием сетевых графиков. Они отражают последовательность и продолжительность выполнения работ, а также их технологические и организационные взаимосвязи.

Отлаженное использование сетевых графиков позволяет заметно снизить риски планирования и сосредоточить внимание на работах, определяющих конечные сроки строительства.

Недостатком сетевого графика по сравнению с линейным и ленточным календарными графиками является достаточно сложное зрительное восприятие самой сетевой модели как графического аналога строительных работ, особенно для крупных объектов с большим количеством искусственных сооружений и элементов обустройства. Также по сетевым графикам крайне затруднительно разработать оптимальные графики движения рабочих кадров и машин.

Практика дорожного строительства показывает, что на стадии составления проектно-сметной документации, как правило, разрабатываются линейные и ленточные календарные графики строительства объекта, а непосредственно в ходе строительства и управления производством чаще применяются сетевые графики, которые могут составляться для отдельных строительных процессов и групп строительных работ с последующим их объединением в общий график строительства объекта.

При построении и расчете сетевых графиков применяют следующие основные понятия и условные обозначения:

работа — процесс, требующий для своего выполнения времени и ресурсов (изображается, как правило, прямой сплошной линией);

событие — факт окончания (или начала) одной или нескольких работ;

продолжительность работы — время выполнения данной работы;

путь — любая непрерывная последовательность работ и зависимостей; продолжительность пути равна сумме продолжительностей составляющих его работ.

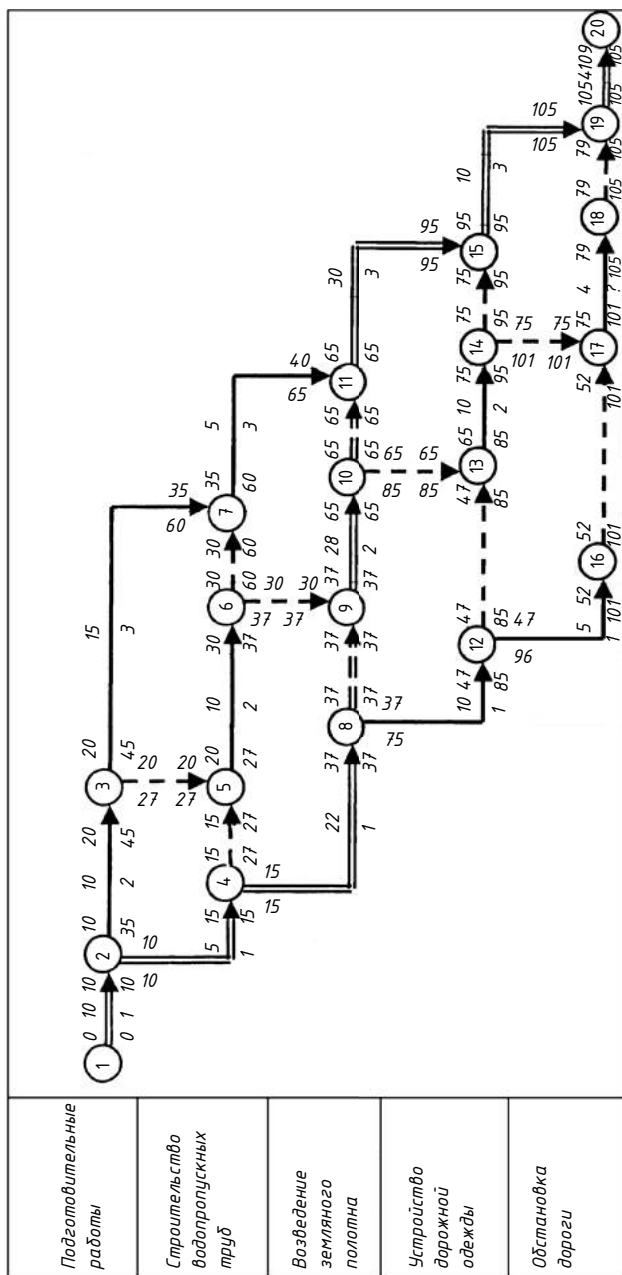


Рис. 25.1. Сетевой график строительства автомобильной дороги

При построении сетевых графиков следует соблюдать следующие основные правила:

- построение графика ведут слева направо в порядке выполнения работ и соблюдения технологических процессов, исключая по возможности графическое пересечение работ;

- на графике не должно быть работ, имеющих одинаковый код. Для обозначения параллельных работ следует вводить дополнительные события и зависимости;

- в графике не должно быть замкнутых контуров, т.е. ни одна последовательность работ не может начинаться и заканчиваться одним событием;

- расчет сетевых графиков осуществляют в табличной форме или непосредственно на графике. Внешне сетевые графики представляют собой пронумерованные кружки, соединенные стрелками (рис. 25.1).

25.3. Почасовые графики производственных процессов

Календарное планирование подразумевает выполнение различных работ с заданным сменным темпом. Организация труда внутри сменного или суточного цикла разрабатывается под конкретные объемы, выполняемые сформированным частным потоком. Это необходимо, чтобы увязать работу машин и рабочих частного потока, занятых на различных технологических процессах, например на разработке, доставке, разравнивании и уплотнении грунта или погрузке, доставке, разгрузке и монтаже сборных железобетонных плит.

Оптимизация почасовой организации труда выполняется с помощью почасовых и ленточных сменных графиков, которые служат для указания порядка использования машин и рабочих во времени на захватках и являются значимым дополнением технологических карт. В связи с этим часто эти графики изображают на том же чертеже, что и технологические карты, непосредственно под ними.

Почасовые графики строятся по двум шкалам: по оси абсцисс — протяженность захватки, по оси ординат — время (рис. 25.2). По этим графикам можно установить, в каком месте по длине захватки должны находиться те или иные исполнители в данный час работы. Линии имеют, как правило, вид восходящей прямой. В некоторых случаях линия может быть ломаной, что указывает на переменный темп работ; вертикальный отрезок показывает вынужденный планируемый про-

стой организационного или технологического характера. В отдельных случаях может быть отмечено время обеденного перерыва. На каждую линию наносят марку машины, ее номер в отряде и коэффициент использования.

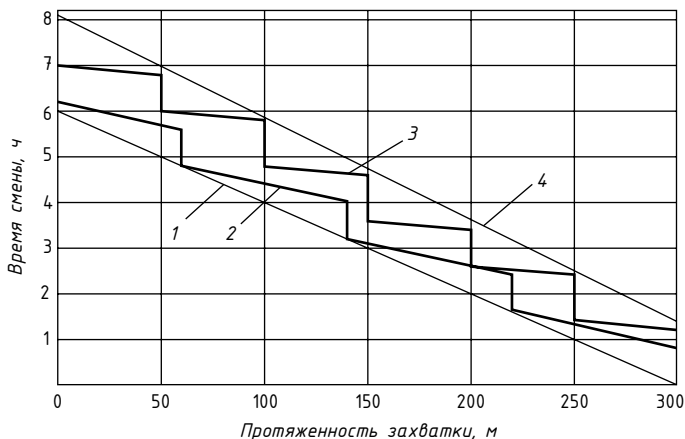


Рис. 25.2. Почасовой график возведения насыпи на захватке:
1 — доставка грунта самосвалами; 2 — послойное разравнивание грунта бульдозером; 3 — увлажнение грунта водой из поливомоечных машин; 4 — послойное уплотнение грунта самоходными катками

К календарным планам и календарным графикам предъявляют требования равномерного использования ресурсов, равномерной загрузки рабочих, машин и механизмов на протяжении всего строительного цикла. Сразу такие равнопоточные планы составить невозможно. Для решения этой задачи строят *графики движения рабочих и машин*, а при необходимости и автомобильного транспорта. Графики могут иметь форму таблицы или эпюры (по сторонам ленточного календарного графика). Их разрабатывают в несколько этапов с постепенным выравниванием выявляемых неравномерностей.

25.4. Технологические карты выполнения дорожно-строительных работ

Технологические карты (ТК) являются составной частью организационно-технологической документации и регламентируют:

- правила выполнения технологических процессов;

- выбор средств технологического обеспечения, строительных машин и оборудования;
- выбор и расход материально-технических ресурсов;
- требования к качеству и приемке работ;
- мероприятия по охране труда, технике безопасности, охране окружающей среды и пожарной безопасности;
- экономическую целесообразность технологических процессов.

Технологическая карта должна содержать комплекс мероприятий по организации труда с наиболее эффективным использованием современных средств механизации, технологической оснастки, инструмента и приспособлений. Она служит руководством для руководителей работами: инженеров, мастеров, бригадиров. В технологическую карту включаются наиболее прогрессивные и рациональные методы по технологии строительного производства, способствующие сокращению сроков и улучшению качества работ, снижению их себестоимости. Технологические карты призваны обеспечивать не только экономное и высококачественное, но и безопасное выполнение работ, поскольку содержат нормативные требования и правила безопасности.

Технологические карты в основном составляются для использования:

- в составе проектов производства работ;
- на выполнение отдельных видов работ;
- на подготовительный период строительства.

Технологические карты могут использоваться и в иных целях, например:

- при разработке проекта организации строительства;
- подготовке тендерной (договорной) документации подряда;
- лицензировании строительной организации в качестве документов, подтверждающих готовность организации к производству работ;
- сертификации систем качества и строительной продукции в качестве стандартов предприятия;
- для контроля качества выполнения работ заказчиками, генеральными подрядчиками и надзорными органами;
- при обучении и повышении квалификации рабочих и ИТР, в учебном процессе.

Нормативной базой для разработки технологических карт являются: ГОСТы, СНиПы, ЕНиРы, СН, производственные нормы расхода материалов, ведомственные и местные прогрессивные нормы и расценки.

При разработке ППР, связанных с использованием строительных технологий массового применения, допускается включать в их состав *типовые технологические карты*, получившие широкое распростране-

ние в практике дорожного строительства. Типовые технологические карты составляют на выполнение наиболее часто встречающихся дорожно-строительных процессов при создании типовых строительных конструкций массового применения. Разработка типовых технологических карт осуществляется, как правило, специализированными проектно-технологическими организациями.

При этом в типовых технологических картах допускается предусматривать другие возможные варианты применения строительных материалов и использования строительных машин, механизмов, оборудования и технологической оснастки.

Технологическая карта включает в себя, как правило, следующие разделы:

- область применения;
- общие положения;
- организация и технология выполнения работ;
- требования к качеству работ;
- потребность в материально-технических ресурсах;
- техника безопасности и охрана труда;
- технико-экономические показатели.

Состав технологической карты может быть изменен в зависимости от специфики и сложности технологического процесса, сокращен или дополнен новыми разделами.

Состав разделов приводится на отдельном листе карты под наименованием «Содержание». Ниже приведен его стандартный перечень и круг рассматриваемых вопросов.

Область применения. Здесь приводятся наименование технологического условия и особенности производства работ, в том числе температурные, влажностные, гидрогеологические и др.

Общие положения. Здесь могут быть указаны требования к производителю работ, порядок и условия их согласования, перечень нормативных документов и актов на данный вид работ.

Технология и организация выполнения работ включают требования к качеству предшествующих работ и технологии производства работ; технологические схемы производства работ, схемы транспортирования и складирования изделий и материалов.

В разделе оговариваются требования к законченности подготовительных и предшествующих работ; оснащению строительной площадки необходимыми коммуникациями; транспортированию, складированию и хранению изделий и материалов; условиям перевозки; организации площадки складирования; схеме комплексной механизации выполнения работ с рекомендациями по составу комплекта ма-

шин; технологии производства работ, включая краткие рекомендации по производству работ, обеспечивающие создание законченного конструктивного элемента сооружения, с указанием состава, последовательности и способов выполнения технологических процессов.

Даются краткие указания по организации рабочих мест; технологические схемы производства работ с указанием последовательности выполнения каждого конструктивного элемента и расстановки машин, механизмов и оборудования; указываются приборы и инструменты, необходимые для замера требуемых параметров; схемы организации рабочей зоны строительной площадки с разбивкой на захватки.

Требования к качеству и приемке работ включают требования к качеству поставляемых материалов и изделий; схемы операционного контроля качества; перечень технологических процессов, подлежащих контролю.

Здесь описываются перечень инструментов и приспособлений для контроля качества конструкций и материалов; схемы операционного контроля качества; правила осуществления контроля и оценки качества работ в соответствии с требованиями действующих нормативов. Приводится перечень технологических процессов, подлежащих контролю, с указанием предмета контроля, способа и инструмента контроля, времени проведения контроля, ответственного за контроль.

Техника безопасности и охрана труда, экологическая и пожарная безопасность. Здесь приводятся решения по охране труда и технике безопасности, полученные в результате конкретных проектных проработок; мероприятия, обеспечивающие устойчивость конструкций как в процессе выполнения работ, так и после их окончания; схемы с указанием ограждения опасных зон, предупреждающих надписей и знаков, способов освещения рабочих мест; правила безопасной эксплуатации машин; указания по применению индивидуальных и коллективных средств защиты при выполнении технологических процессов в различных климатических условиях и в зимнее время; экологические требования к производству работ.

Потребность в ресурсах включает перечень машин, механизмов и оборудования с указанием их технических характеристик, типов, марок, назначения, количества на звено или бригаду; перечень технологической оснастки, инструмента, инвентаря и приспособлений; ведомость потребности в материалах, изделиях и конструкциях для выполнения предусмотренных объемов работ.

Технико-экономические показатели: продолжительность выполнения работ; график производства работ (при необходимости); трудоемкость и машиноёмкость выполнения работ; калькуляция затрат труда

и машинного времени, в которой объемы работ определяют по принятому измерителю конечной продукции.

Рабочие процессы приводятся в технологической последовательности и нормируются в соответствии с ЕНиР, ведомственными и другими нормами.

График производства работ, который приводится в этом разделе, составляется на принятый измеритель конечной продукции с использованием данных калькуляции затрат труда и машинного времени. График составляют на базовый вариант, предусматриваемый технологической картой, исходя из восьмичасового рабочего дня. Составы звеньев принимаются согласно ЕНиР и другим нормам и расценкам.

При необходимости технико-экономические показатели технологической карты могут быть дополнены сметным расчетом применительно к конкретным условиям подрядной организации, заработной плате рабочих и механизаторов, затратам на машины, оснастку и строительные материалы.

Технологические карты разрабатываются строительно-монтажными организациями или по их заказу проектно-технологическими организациями и утверждаются главным инженером строительно-монтажной организации.

Составление технологических карт, и особенно типовых технологических карт, должно осуществляться на основе изучения и обобщения передового опыта производства работ, отвечающего современному уровню планирования, организации, управления и технологии строительного производства.

В зависимости от способов организации и технологии производства работ, применяемых строительных машин и оборудования, природно-климатических, геологических и других особенностей района строительства для одного и того же строительного процесса может быть составлено несколько вариантов технологических карт с различными технико-экономическими показателями.

25.5. Обеспечение дорожного строительства электроэнергией, сжатым воздухом, паром, водой и связью

Для нормального функционирования объектов дорожного строительства необходимо их обеспечение энерго- и технологическими ресурсами, а также связью.

Наиболее потребляемым видом энергоресурсов в дорожном строительстве является *электрическая энергия*. Она используется для питания разнообразных электродвигателей, освещения строительных площадок, жилых, бытовых и административных зданий, а также для питания электрических нагревательных приборов, применяемых для подогрева или прогрева материалов и изделий. Суммарная потребляемая мощность всех электропотребителей на строительстве участка автомобильной дороги может колебаться в широких пределах в зависимости от объемов работ и их конструктивных особенностей, технологии производства, применяемого оборудования и инструмента, а также климатических условий района строительства.

Наиболее энергоемкими потребителями электрической энергии являются асфальтобетонные и цементобетонные заводы, а также прирельсовые битумохранилища, применяющие электроэнергию для разогрева битума при его перекачке. Например, установленная мощность электродвигателей и электронагревателей на асфальтобетонном заводе производительностью 100 т смеси в час достигает 500...600 кВт, а на цементобетонном заводе производительностью 240 м³ смеси в час — 300...400 кВт.

Электроэнергию для обеспечения производственных баз дорожного строительства получают, как правило, от существующей централизованной электросети района строительства путем подключения к согласованным с соответствующими заинтересованными организациями источникам. Чаще всего указанное подключение сопряжено с необходимостью строительства различных трансформаторных подстанций, прокладкой линий электропередачи и рядом других работ, определяемых техническими условиями на подключение. Несмотря на это, получение электроэнергии от централизованных источников является наиболее экономичным и надежным.

В случае невозможности использования централизованных источников электроэнергии ее получение может быть осуществлено от передвижных электростанций, работающих на жидком топливе. Стоимость электроэнергии, получаемой таким способом, как правило, выше электроэнергии, получаемой от сетей общего пользования.

Сжатый воздух на производственных базах дорожного строительства используется для управления технологическими процессами смесительно-дозировочных установок и пневматического транспортирования цемента на цементобетонных заводах, распыления жидкого топлива в форсунках смесителей и битумоплавильных агрегатов асфальтобетонных заводов, для пневматического бурового и друго-

го инструмента, используемого при разработке каменных карьеров с применением буровзрывного метода рыхления породы.

Получение сжатого воздуха для указанных целей осуществляется в основном от передвижных компрессорных станций с различным рабочим давлением и различной производительностью.

Пар в дорожном строительстве применяют для подогрева битума в битумохранилищах и битумопроводах, для пропаривания бетонных изделий в пропарочных камерах, распыления топлива в форсунках, а также в некоторых случаях для подогрева материалов на цементобетонных заводах.

Источниками получения пара служат парообразователи и парогенераторы различного типа, которые выбираются в зависимости от конкретных условий строительства по производительности, экономичности эксплуатации, удобству монтажа и демонтажа. В качестве стационарных источников получения пара на производственных базах дорожного строительства возможно применение стационарных паровых котлов, а в качестве передвижных — мобильных парообразователей. В настоящее время на рынке строительного оборудования представлены также зарубежные парогенераторы производительностью от 80 до 1800 кг/ч, способные удовлетворить любую потребность в паре производственной базы дорожного строительства.

Вода на производственных базах дорожного строительства используется для заготовки и переработки материалов и приготовления полуфабрикатов, мойки дорожно-строительной техники и транспортных средств и их технического обслуживания, а также для питьевых и хозяйственных целей.

Получение воды для производственных баз чаще всего осуществляется путем подключения к существующим водопроводным сетям. В случае их отсутствия или невозможности подключения источниками воды могут служить собственные артезианские скважины или скважины мелкого заложения. Возможными источниками получения воды для технических целей могут служить также ближайшие открытые водоемы. При этом доставка воды может быть осуществлена путем устройства временного водопровода или с помощью транспортирования воды цистернами на автомобильном транспорте.

При устройстве временных водопроводов из открытых источников для перекачки воды возможно применение центробежных или диафрагменных насосов различной производительности в зависимости от дальности подачи воды и требуемого объема ее потребления. Для обеспечения постоянного напора, создания определенного запаса воды и равномерного поступления воды к потребителям на произ-

водственных предприятиях при использовании артезианских скважин или открытых источников строятся водонапорные башни, которые периодически заполняются водой из указанных источников.

При использовании воды для питьевых и технических целей необходима проверка ее качества. Заключение о пригодности воды для технических целей выдается лабораторией строительства, а заключение о пригодности воды для питьевых целей — территориальной санитарно-эпидемиологической станцией.

Питьевые установки (сатураторы, фонтанчики и др.) должны располагаться не далее 75 м от рабочих мест. Необходимо устанавливать локальные источники питья в гардеробных, пунктах питания, медицинских пунктах, в местах укрытия от атмосферных факторов.

Организация *связи* на производственных базах дорожного строительства необходима для координации работы отдельных производственных объектов, их подразделений и специалистов в целях обеспечения согласованных практических действий по приготовлению полуфабрикатов, приемки и отпуска строительных материалов и изделий, проведения контроля за качеством работ и т.д.

Связь может быть обеспечена за счет подключения к существующей телефонной сети района строительства с установкой на базах дополнительных АТС для увеличения количества абонентов, находящихся на территории базы. Телефонная связь обеспечивает взаимодействие отдельных производственных баз с прирельсовыми базами разгрузки и получения материалов, структурных подразделений внутри каждого объекта с внешними поставщиками материалов, изделий и конструкций. Связь может также осуществляться за счет применения современных мобильных радиотелефонов, а внутри производственной базы между отдельными рабочими и специалистами, находящимися вне помещений, — по радиопереговорным устройствам с небольшими зонами действия. Связь между отдельными производственными базами в малообжитых районах в случае невозможности применения мобильных радиотелефонов может осуществляться за счет применения радиостанций с различными зонами действия.

25.6. Техничко-экономические показатели строительства автомобильной дороги

Проект строительства участка автомобильной дороги характеризуется рядом технико-экономических показателей (ТЭП), определяющих

степень эффективности намечаемых работ. В число таких показателей входят: продолжительность строительства, сметная стоимость и трудоемкость строительства, численность работающих, включая административно-управленческий персонал, рабочий персонал, инженерно-технических работников (ИТР).

Кроме указанных ТЭП строительство участка автомобильной дороги может характеризоваться также:

- уровнем механизации работ в целом по строительству, определяемым в процентах отношении стоимости механизированных работ к общей стоимости всех работ;

- уровнем механизации вида работ, определяемым в процентах отношении физических объемов работ, выполненных с использованием машин и механизмов, к общему объему работ этого вида;

- уровнем автоматизации строительства, определяемым аналогично вышеуказанным показателям, но с использованием соответствующих данных для автоматизированных работ;

- удельной трудоемкостью строительства, определяемой отношением общей трудоемкости строительства (в человеко-днях) к протяжению построенного участка автомобильной дороги (в километрах);

- производительностью труда одного рабочего в целом по строительству (или выработкой), определяемой отношением общей стоимости работ, выполняемых за год (в млн. руб.), к числу рабочих, занятых на этих работах;

- выработкой на одного работающего, определяемой аналогично вышеуказанному показателю, но только отношением к числу всех работающих;

- производительностью труда при выполнении вида работ, определяемой отношением физического объема выполненного вида работ к количеству трудовых затрат рабочих (в человеко-днях);

- механовооруженностью строительства, определяемой в процентах отношении суммарной балансовой стоимости всех машин и оборудования к общей стоимости строительно-монтажных работ.

25.7. Диспетчерское управление и автоматизация управления дорожным строительством

Управление строительным процессом в зависимости от его сложности осуществляется посредством использования диспетчерской

службы или применения отраслевого и производительного автоматизированного управления.

Под *диспетчерским управлением* строительным процессом понимают централизованное управление и контроль за ходом строительно-монтажных работ в течение всего рабочего времени на протяжении всей продолжительности строительства объекта.

Диспетчерское управление реализуется через диспетчерскую службу, которая отвечает:

- за сбор, передачу, обработку и анализ оперативной информации о ходе выполнения строительно-монтажных работ, поступающей от организаций и подразделений, а также информации о допущенных отклонениях от проекта производства работ;

- контроль за соблюдением технологической последовательности и регулирование хода строительно-монтажных работ в соответствии с утвержденными графиками производства работ, обеспечением строящихся объектов материальными и трудовыми ресурсами, средствами механизации и транспорта;

- обеспечение постоянного взаимодействия специализированных и других организаций и подразделений, участвующих в производственном процессе;

- передачу информации руководству строительной организации или в диспетчерский пункт вышестоящей организации по установленной форме и объему;

- передачу оперативных распоряжений руководства исполнителям и контроль за их исполнением.

Состав диспетчерской службы в трестах, строительно-монтажных управлениях, производственных предприятиях определяется в зависимости от мощности организации, территориального размещения строящихся объектов и сменности работ.

Система диспетчерского управления строительством должна охватывать и координировать действия всех элементов и звеньев производства.

В практике дорожного строительства, как правило, предусматриваются следующие должности диспетчерского персонала:

- главный диспетчер в аппарате треста (или приравненной к нему организации) с соответствующим числом сменных дежурных диспетчеров;

- старшие и сменные диспетчеры в строительно-монтажных предприятиях.

Распоряжения диспетчеров являются обязательными к исполнению для всех работников соответствующих подразделений, а также для

производственного персонала субподрядных организаций, задействованных на строительстве объекта. Распоряжения диспетчеров должны основываться на утвержденных планах, графиках работ и проектной документации, а также на указаниях и распоряжениях руководства организации. Не допускается изменять указанные планы, графики и проектную документацию, а также давать указания о замене одного материала другим без согласования с главным инженером или руководителями организации.

Основным документом диспетчерского управления является, как правило, месячный или недельно-суточный график производства строительно-монтажных работ и его материально-техническое обеспечение, на основании которого диспетчеры треста (управления) выполняют оперативное руководство производственным процессом.

Главный диспетчер организации в своей деятельности по решению оперативных вопросов производства является координатором и подчиняется руководителю или главному инженеру организации.

Управление строительной организацией — достаточно сложный динамичный процесс, требующий отслеживания и координации многих факторов, а также обработки большого объема информации. В связи с этим в целях повышения качества управления, внедрения в практику методов оптимального планирования и управления, повышения оперативности управления, устранения дублирования при выполнении управленческих работ и сокращения видов учетной документации в практике дорожного строительства применяется *автоматизированная система управления строительством (АСУС)* — система управления, основанная на широком использовании в планировании, учете, технико-экономическом анализе и оперативном руководстве комплекса прогрессивных экономико-математических моделей, современных персональных компьютеров и других средств вычислительной техники, а также современных методов хранения и передачи информации. Обязательным элементом автоматизированной системы управления является наличие диспетчерского управления.

Техническая база АСУС — персональные компьютеры, с помощью которых осуществляются сбор и передача информации, размножение, хранение и поиск документации.

Автоматизированную систему управления можно условно разделить на два блока — функциональный и обеспечивающий. Эти блоки еще называют подсистемами.

Функциональные подсистемы моделируют и обеспечивают процесс управления производством, включающий управление технической

и технологической подготовкой производства, технико-экономическое управление, управление производством работ, финансовой деятельностью, трудом, заработной платой, кадрами.

Обеспечивающие подсистемы включают элементы, дающие возможность эффективно организовать работу функциональных подсистем, например информационного, математического, программного, технического и правового обеспечения.

Разработка и внедрение автоматизированных систем управления дорожными организациями являются одними из основных направлений совершенствования управления производством и повышения эффективности его функционирования.

25.8. Организация материально-технического обеспечения дорожного строительства

Подрядные организации, выполняющие работы по генеральным и субподрядным договорам, и организации-заказчики должны обеспечивать объекты строительства всеми видами материально-технических ресурсов в строгом соответствии с технической последовательностью производства строительно-монтажных работ в сроки, установленные календарными планами и графиками строительства. Организация транспортирования, складирования и хранения материалов, конструкций и оборудования должна соответствовать требованиям стандартов и технических условий и исключать возможность их повреждения, порчи и потерь.

Общую проблему материально-технического обеспечения дорожно-строительства можно условно разделить на три составляющие части:

- 1) обеспечение материалами, изделиями, конструкциями и полуфабрикатами;
- 2) обеспечение дорожно-строительной техникой, оборудованием, транспортными средствами и горюче-смазочными материалами для их работы;
- 3) обеспечение необходимыми энергоресурсами.

Так как уровень технического прогресса в дорожном строительстве, как и в других отраслях строительства, определяется прежде всего степенью индустриализации производства, при производстве дорожно-строительных работ предусматривается, как правило, обеспечение всех участков и мест производства работ готовыми материалами, из-

делями, конструкциями и полуфабрикатами. Приготовление полуфабрикатов (асфальтобетонной и цементобетонной смесей, строительного раствора, цементогрунтовой смеси и т.д.) осуществляется на специальных передвижных (или стационарных) производственных базах, имеющих современное высокопроизводительное оборудование, обеспечивающее надлежащее качество приготавливаемых полуфабрикатов. Получение местных дорожно-строительных материалов (песка, гравийно-песчаной смеси, грунта) осуществляется путем разработки местных карьеров силами подрядчика или субподрядчиков.

Возможность снабжения строительства автомобильной дороги материалами во многом зависит от наличия в районе строительства местных строительных материалов и наличия разрешения на их использование. В случае отсутствия местных дорожно-строительных материалов их получают путем доставки от ближайших действующих предприятий и карьеров по железной дороге, морским, речным, автомобильным транспортом или их сочетаниями.

Аналогично, с доставкой от ближайших поставщиков осуществляется обеспечение дорожного строительства готовыми материалами, изделиями и конструкциями промышленного производства, в числе которых металлоконструкции для обстановки дороги, кирпич, битум, цемент и т.д. При строительстве автомобильных дорог значительной протяженности возможна также организация в составе производственной базы строительства временных полигонов по изготовлению бетонных и железобетонных конструкций.

Не менее важной составляющей в общей задаче организации снабжения дорожного строительства является его обеспечение строительной техникой, оборудованием и транспортными средствами, а также поддержание работоспособности указанной техники, включая ее ремонт и снабжение горюче-смазочными материалами.

Задача по содержанию и ремонту техники решается путем организации в составе производственной базы строительства баз механизации, дорожно-ремонтных мастерских, а также использования передвижных мастерских, смонтированных на автомобилях, для обслуживания техники непосредственно на местах производства работ. Обеспечение техники горюче-смазочными материалами осуществляется путем их оптового получения от ближайших поставщиков с доставкой к местам производства работ автомобильными заправщиками.

Обеспечение строительства необходимой дорожно-строительной техникой, оборудованием и транспортными средствами происходит за счет использования собственной техники подрядчика и субподряд-

чиков, аренды недостающих видов техники на период строительства или приобретения новых машин, оборудования или транспортных средств, в том числе на лизинговой основе.

25.9. Организация складского хозяйства на дорожном строительстве

Основными задачами организации складского хозяйства на дорожном строительстве являются приемка от поставщиков, хранение и выдача материалов, изделий и конструкций, обеспечивающие бесперебойное ведение строительно-монтажных работ в установленные проектом сроки.

Для бесперебойного производства дорожно-строительных работ необходимо создание определенных запасов материалов, изделий и конструкций. Существуют текущий, подготовительный, гарантийный (страховой) и сезонный запасы.

Текущим запасом называется запас материалов, изделий и конструкций в объеме, достаточном для бесперебойного ведения работ в период между двумя смежными поставками.

Подготовительным запасом называется запас материалов, изделий и конструкций в объеме, достаточном для обеспечения начала работ и периода приемки очередной поставки.

Гарантийным запасом называется запас материалов, изделий и конструкций, создаваемый в размере до 50% текущего запаса, для обеспечения бесперебойной работы в случае возможного нарушения договорных сроков поставок.

Сезонным запасом называется запас материалов, изделий и конструкций, создаваемый в объеме, необходимом для обеспечения бесперебойной работы в течение определенного строительного сезона, и обусловливаемый возможностью их доставки только в течение определенного периода времени (например, доставка материалов возможна только в зимнее время по зимним дорогам или только в летнее время в период судоходства по речным путям).

Грузы, прибывающие на строительство автомобильной дороги, можно условно разделить на две группы — материалы для приготовления полуфабрикатов и материалы, изделия и конструкции для производства работ, не требующие дополнительной переработки.

Складирование материалов, необходимых для приготовления полуфабрикатов (щебень, песок, минеральный порошок, цемент, битум

и т.д.), осуществляется, как правило, на территории производственной базы (АБЗ, ЦБЗ). Конструкции складов для указанных материалов учитывают специфические свойства каждого материала и, главное, необходимость сохранения требуемых свойств материала до его применения.

Наиболее специфическими дорожными материалами, требующими для своего складирования и хранения специальных конструкций складов, являются битум или другие органические вяжущие, минеральный порошок и цемент.

Органические вяжущие хранятся, как правило, во временных или постоянных ямных битумохранилищах только закрытого типа или хранилищах в виде цистерн вместимостью по 30...50 т каждая. Для организации слива органические вяжущие обычно подогреваются до состояния текучести паром или методом электроподогрева.

Закрытые битумохранилища ямного типа надежно защищают от доступа наружной и подземной влаги путем устройства специальных защитных конструкций (навесов, дренажей). Битумохранилища оборудуют системой подогрева и битумными насосами.

Так как цемент и минеральный порошок обладают способностью слеживаться, пылить, а также являются гигроскопичными материалами, конструкция и оборудование их складов должны защищать эти материалы от влаги, обеспечивать возможность периодической принудительной аэрации и перемешивания, предохранять от распыления и, кроме того, обеспечивать необходимые санитарные условия для работающих.

Склады цемента и минерального порошка бывают силосного (башенного) или бункерного типа.

В складах силосного типа хранение материала осуществляется в специальных силосах, изготавливаемых, как правило, из листовой стали в виде цилиндров и объединенных между собой в «батарею». Емкость одного силоса может быть от 5...10 т для небольших передвижных складов до 300 т и более для крупных стационарных складов. Склады оборудуются необходимыми пневматическими устройствами для приема и выдачи материала, а также для перекачки материала из одного силоса в другой.

Склады бункерного типа устраиваются в виде нескольких однотипных секций (бункеров), располагаемых в одну линию вдоль разгрузочного железнодорожного тупика. Объединение бункеров осуществляется за счет галереи с винтовыми или ленточными транспортерами, располагаемой под бункерами. В складах указанного

типа возможно также применение пневмотранспортеров для перемещения материала.

Склады песка и каменных материалов устраиваются открытыми в виде штабелей, причем при использовании щебня различных фракций их хранение организуется в отдельных штабелях. В случае поступления песка и каменных материалов по железной дороге их приемка производится приемными устройствами, а формирование штабеля — различными штабелирующими устройствами — в основном транспортерами или элеваторами. В случае доставки материалов автомобилями-самосвалами штабеля обычно формируются бульдозерами.

В целях уменьшения площадей, занятых открытыми складами песка и каменных материалов, их складирование осуществляют по возможности штабелями большой высоты (до 5...7 м).

Готовые железобетонные конструкции, кирпич, лесоматериалы, металлоконструкции, прибывающие на строительство автомобильной дороги, складировются и хранятся также в основном на открытых площадках. Особое внимание уделяется процессу погрузочно-разгрузочных работ и недопущению повреждения конструкций и материалов во время его проведения. Погрузочно-разгрузочные работы проводят с использованием кранов различной грузоподъемности. Конструкции и материалы размещают на выровненных площадках, принимая меры против самопроизвольного смещения, просадки, осыпания и раскатывания складироваемых материалов. Складские площадки защищают от поверхностных вод.

На площадках со складироваемыми материалами, изделиями и конструкциями предусматриваются проходы шириной не менее 1 м и проезды, ширина которых зависит от габаритов транспортных средств и погрузочно-разгрузочных механизмов, обслуживающих склад.

Расположение самих площадок складироваемых материалов, изделий и конструкций, не требующих дополнительной переработки перед использованием, может быть разнообразным и зависит от конкретных условий строительства. Например, материалы, изделия и конструкции для строительства комплексов дорожной и автотранспортной службы или строительства моста чаще всего складировются и хранятся непосредственно на стройплощадке каждого комплекса или моста, а материалы и изделия для строительства водопропускных труб или обстановки дороги чаще хранятся на производственных базах подрядчика или субподрядчиков и доставляются к местам производства работ непосредственно перед использованием.

Достаточно важной составляющей обеспечения нормальной работы складского хозяйства на дорожном строительстве является правильная и четкая организация учета, хранения и выдачи материалов, изделий и конструкций, а также учета производства и отпуска приготавливаемых полуфабрикатов.

Материальные ресурсы выдаются со склада в пределах, определенных нормами расхода этих ресурсов на единицу измерения вида работ, с учетом намеченного к выполнению объема работ.

Расходование материальных ресурсов контролируется путем сопоставления фактического их расхода на выполненный объем работ с нормативной потребностью, определенной расчетами на основании соответствующих норм расхода материалов по каждому виду работ.

Контроль за расходованием материальных ресурсов осуществляется, как правило, аппаратом главного инженера строительной организации, которым также утверждаются отчеты по списанию этих ресурсов.

25.10. Организация технического обслуживания и ремонта машин

Организация технического обслуживания и ремонта дорожно-строительных машин и транспортных средств является одной из составляющих общей задачи материально-технического обеспечения строительства.

Техническим обслуживанием принято называть комплекс работ по содержанию машин в постоянной технической готовности и предупреждению преждевременного износа деталей и узлов машин за счет своевременного проведения смазки, контрольно-регулирующих и контрольно-крепежных работ, а также работ по опережающему выявлению возможных дефектов с устранением этих дефектов и причин.

Различают ежедневное (ежемесячное) и периодическое техническое обслуживание. Ежедневное техническое обслуживание включает в себя очистку машин от пыли и грязи, проверку уровней масла в двигателе, а также уровней тормозной жидкости, жидкости в системе сцепления и т.д., восстановление этих уровней при необходимости до нормальной отметки, заправку топливом. Периодическое техническое обслуживание, выполняемое после определенного периода работы машины

или определенного пробега транспортных средств, устанавливаемого инструкцией по эксплуатации машины, включает, как правило, замену масла и различных фильтров, проверку натяжения ремней и при необходимости их замену, регулировочные и контрольно-крепежные работы и т.д. Состав работ, входящих в периодическое обслуживание машин, определен также инструкцией по ее эксплуатации.

Текущим ремонтом называются работы по устранению отдельных неисправностей, выявленных, но не устраненных при техническом обслуживании или выявленных непосредственно при проведении текущего ремонта со снятием или без снятия агрегатов, частичной разборкой машин с заменой отдельных деталей, а иногда узлов агрегатов.

Текущий ремонт не планируется. Его проводят по необходимости в случае возникновения дефекта или неисправности машины. Наиболее рациональным способом текущего ремонта является агрегатный, предусматривающий замену дефектного узла или агрегата на заранее отремонтированный, хранящийся на складе.

Капитальным ремонтом называются работы по замене одного или нескольких изношенных основных узлов машины на новые либо по восстановлению работоспособности этих узлов за счет их снятия, разборки, замены отдельных деталей, проведения слесарно-токарных работ. Так как основные узлы машины имеют определенные ресурсные пределы работоспособности, время проведения капитального ремонта можно планировать. Однако не исключены случаи проведения капитальных ремонтов по необходимости, так же как и текущего ремонта.

Техническое обслуживание и текущий ремонт машин, как правило, выполняются на местах производства работ. Полевые парки дорожно-строительных машин и транспортных средств в связи с частыми перемещениями не имеют стационарных мастерских, а чаще всего комплектуются передвижными ремонтными мастерскими на автомобилях или прицепах. Доставка горючего осуществляется специализированными автомобилями-топливозаправщиками, а доставка смазочных материалов — в бочках или другой заводской таре бортовыми автомобилями.

Для проведения основных ремонтных работ дорожно-строительной техники и транспортных средств, как правило, организуются центральная ремонтная база или мастерские, оснащенные соответствующим оборудованием и инструментом.

Принимая во внимание сезонный характер дорожно-строительных работ, при котором основной их объем выполняется в теплое время

года, работы по капитальному ремонту техники, связанные с длительным простоем, целесообразно производить в зимний период.

Однако такое планирование капитальных ремонтов должно сочетаться с высоким качеством технического обслуживания и проведения текущего ремонта машин во время производства работ в теплое время года, позволяющих технике полностью вырабатывать средний нормативный ресурс работы или даже его превышать.

Тем не менее при появлении объективных признаков ухудшения работы машины, свидетельствующих о необходимости проведения капитального ремонта, его следует осуществлять невзирая на плановые сроки и время года.

ГЛАВА 26. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

26.1. Производственная безопасность

Генеральный подрядчик обязан при выполнении работ с привлечением субподрядчиков разработать совместно с ними план мероприятий, обеспечивающих безопасные условия работы, обязательные для всех организаций и лиц, осуществляющих работы, а также при заключении договоров подряда предусматривать ответственность сторон за выполнение указанных мероприятий по обеспечению безопасных условий труда.

Перед началом производства работ необходимо определить опасные для людей зоны, в которых постоянно действуют или могут действовать опасные факторы, связанные с характером выполняемых работ.

К зонам постоянно действующих опасных производственных факторов относятся места:

- вблизи от неизолированных токоведущих частей электроустановок;
- вблизи неогражденных перепадов по высоте 1,3 м и более;
- возможного превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

К зонам потенциально опасных производственных факторов относятся:

- зоны перемещения машин, оборудования или их частей, рабочих органов;
- места, над которыми происходит перемещение грузов кранами;
- участки территории вблизи строящегося объекта.

На границах зон постоянно действующих опасных производственных факторов должны устанавливаться предохранительные защитные

ограждения, а на границах зон потенциально опасных производственных факторов — сигнальные ограждения и знаки безопасности.

На выполнение работ в зонах действия опасных производственных факторов должен быть выдан *наряд-допуск* по установленной форме. Кроме того, должен быть составлен перечень мест производства работ и видов работ, где выполнение работ допускается осуществлять только по наряду-допуску. Указанный перечень должен быть утвержден руководителем организации.

От работников, выполняющих работы в условиях действия опасных производственных факторов, связанных с характером работы, требуется соблюдение дополнительных требований безопасности. К таким работникам при строительстве автомобильных дорог относятся: асфальтобетонщики, взрывники, газосварщики, копровщики, маляры, машинисты строительных машин и производственного оборудования, термоизолировщики, рабочие, занятые на погрузочно-разгрузочных работах с применением транспортных и грузоподъемных средств, работах с применением этилированного бензина, работах по пропитке древесины антисептическими и огнезащитными составами, разработке и применению грунта в выемках глубиной более 2 м, а также электросварщики и электромонтеры.

К выполнению указанных работ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и признанные годными и имеющие профессиональные навыки после обучения безопасным методам и приемам работ и получения соответствующего удостоверения.

Производство строительно-монтажных работ на открытом воздухе, а также перевозку людей в неотапливаемых транспортных средствах следует осуществлять в диапазонах температур, не превышающих предельных значений, устанавливаемых органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации по месту производства работ.

В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации обязанности по обеспечению охраны труда в организации возлагаются на работодателя. Общее руководство по обеспечению охраны труда возлагается на руководителя организации или лицо, им уполномоченное. Как правило, таким лицом является главный инженер организации или заместитель руководителя.

При выполнении своих должностных обязанностей работникам следует выполнять требования по охране труда, определенные их должностными инструкциями или инструкциями по охране труда, которые утверждаются работодателем. Должностные инструкции

доводятся до сведения работника под расписку при приеме на работу или назначении на новую должность.

Приказами по организации назначаются лица, ответственные за обеспечение охраны труда в пределах порученных им участков работ, в том числе в целом по организации, в структурных подразделениях, на производственных территориях, при эксплуатации машин и оборудования, а также при выполнении конкретных работ и на рабочих местах.

На предприятии должно быть организовано проведение проверок, контроля и оценки состояния охраны и условий безопасности труда.

На работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, должна быть обеспечена выдача работникам сертифицированных средств индивидуальной защиты, спецодежды и спецобуви.

Работники, занятые на строительстве, должны быть обеспечены санитарно-бытовыми помещениями. Причем в составе санитарно-бытовых помещений должны быть выделены и укомплектованы места для размещения аптечек с медикаментами, носилок, фиксирующих шин и других средств для оказания первой помощи пострадавшим.

Участки работ и рабочие места должны быть обеспечены необходимыми средствами коллективной и (или) индивидуальной защиты работающих, первичными средствами пожаротушения, а также средствами связи, сигнализации и другими техническими средствами обеспечения безопасных условий труда в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и условиями соглашений.

Ограждение мест производства дорожно-строительных работ и организация движения построенного транспорта

Строительство участка внегородской автомобильной дороги осуществляется, как правило, на территории свободной от движения транспортных средств и пешеходов.

Действующими нормативными документами не предусматривается обязательное устройство специальных ограждений при производстве дорожно-строительных работ вне населенных пунктов или территорий организаций.

При производстве работ в населенных пунктах или на территории организации необходимо соблюдать следующие правила:

- строительные площадки должны иметь ограждения, исключаяющие доступ посторонних лиц к местам производства дорожно-строительных работ;

- высота ограждений участков работ должна быть не менее 1,2 м, а ограждения, примыкающие к местам массового прохода людей, должны иметь высоту не менее 2 м;

- строительные площадки, участки работ и рабочие места, проезды и подходы к ним в темное время суток должны быть освещены в соответствии с требованиями действующего стандарта;

- организация движения построечного транспорта должна обеспечивать как безопасность ведения дорожно-строительных работ, так и безопасность движения самого построечного транспорта и существующего движения транспортных средств (в случае его наличия).

Построечный транспорт движется по существующей сети автомобильных дорог и территорий городов и населенных пунктов в соответствии с Правилами дорожного движения Российской Федерации.

На территориях производственных баз, строящихся комплексов дорожной и автотранспортной служб у въезда на строительную площадку необходимо устанавливать схему внутривнутрипостроечных дорог и подъездов с указанием мест складирования материалов и конструкций, мест разворота транспортных средств, объектов пожарного водоснабжения.

При составлении схем организации движения и ограждения мест производства работ основными задачами являются:

- заблаговременное предупреждение водителей транспортных средств и пешеходов об опасности, вызванной дорожными работами;

- четкое обозначение направления объезда имеющихся препятствий;

- создание безопасного ведения дорожно-строительных работ и режима существующего движения транспортных средств и пешеходов как на подходах, так и на самих участках проведения дорожных работ.

Зона дорожных работ в ночное время должна быть обозначена сигнальными фонарями, установленными на переносных барьерах или щитах.

Особо опасные места (траншеи, котлованы, ямы, корыто глубиной 0,1 м и более) необходимо ограждать, применяя сигнальные шнуры или направляющие конусы, а также инвентарные щиты или барьеры, которые устанавливают на всем протяжении зоны работ через 15 м и оборудуют сигнальными фонарями. Барьеры устраивают из бетонных блоков или переносных ограждений наливного типа (как правило, пластмассовыми ограждениями барьерного типа, заполняемыми водой).

26.2. Экологическая безопасность

На всех этапах строительства автомобильных дорог необходимо руководствоваться действующими требованиями к охране природной среды. При невозможности полностью предупредить отрицательное воздействие на природную среду строительного производства такое воздействие следует ограничивать до установленных предельно допустимых уровней.

Запрещается выполнение воздействующих на элементы природной среды работ, не предусмотренных проектной документацией, применение в конструкциях автомобильных дорог материалов, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, а также производство работ, добыча природных материалов на неразведанных месторождениях за пределами площадей, оформленных в пользование постоянным, временным или разовым отводом.

При выполнении работ по строительству автомобильных дорог следует рассматривать и обеспечивать следующие направления охраны природной среды и рационального расходования природных ресурсов:

- сокращение земельных площадей, отводимых в соответствии с действующими нормативами для постоянного, временного и разового использования, максимальное сбережение сельскохозяйственных угодий, особенно пашни, пойм и лесных водоохранных полос вдоль рек; других земель, непосредственно прилегающих к рыбохозяйственным водоемам;

- уменьшение объема использования в сооружениях природных ресурсов, особенно добываемых в придорожной полосе (грунт, минеральные материалы, лес, почва и т.п.);

- сохранение плодородного слоя почвы на землях, отводимых для временного и разового использования, рекультивации нарушенных земель; восстановление нарушенных условий обитания и воспроизводства животных и рыб;

- предотвращение или недопущение превышения установленных предельно допустимых уровней загрязнения поверхности земли, водоемов, атмосферы отходами, побочными продуктами и технологическими воздействиями (пыль, отработавшие газы двигателей, продукты испарения летучих веществ, твердые выбросы, противогололедные, обеспыливающие и другие химические вещества, шум, вибрация и др.);

- предотвращение возможности возникновения по причине выполнения работ отрицательных гео- и гидродинамических явлений,

изменяющих природные условия (эрозия, осушение, заболачивание, оползни, осыпи и т.п.), а также изменения гидрологического и биологического режимов естественных водоемов;

— предупреждение непосредственного уничтожения, повреждения или ухудшения условий существования людей, животных, растительности вследствие выполнения работ (изменение ландшафтов, расчленение угодий, засыпка русел рек, заливов, стариц, нарушение сложившихся связей, путей перемещения и т.п.);

— предупреждение эстетического ущерба вследствие резкого изменения визуально воспринимаемых ландшафтов, внедрения в них чужеродных элементов, а также вследствие уничтожения или изменения формы объектов индивидуального зрительного восприятия.

Указанные выше направления экологической безопасности реализуются на двух этапах строительства автомобильной дороги — этапе разработки проектно-сметной документации и этапе непосредственного строительства.

На этапе строительства автомобильной дороги обеспечивается выполнение всех решений по экологической безопасности, предусмотренных в проектной документации, а также выполняется ряд мероприятий, снижающих или исключающих вредное воздействие процесса производства строительных работ на окружающую среду.

Мероприятия по охране почвенно-растительного природного слоя, земельные угодий и ландшафтных форм:

— расчистка дорожной полосы и площадей для дорожных сооружений строго в отведенных границах;

— складирование леса, порубочных остатков, материалов, оставшихся после разборки сооружений, по краям полосы отвода только на период выполнения расчистки, до вывоза в специально отведенные проектом места;

— запрещение сплошной валки леса и удаления кустарника бульдозерами или кусторезами с перемещением их вместе с корнями и почвой на границу дорожной полосы;

— размещение трелевочных волоков и лесосечных складов при вырубке леса в пределах отведенной для дороги полосы, а в случае невозможности — в местах, определенных проектом, с соответствующим оформлением временного отвода;

— использование в основании насыпей пней высотой не более 10 см, если высота насыпи составляет не менее 1,5 м от среза пня; консервация оставляемых для этих целей пней специальными гнилостойкими составами;

- предупреждение эрозии при выполнении земляных работ путем быстрого включения в работу сооружений водоотвода, водопропускных устройств, быстротокос, а также укрепления откосов;

- визуальная оценка оползневой устойчивости склонов;

- обеспыливание поверхности земляного полотна при его планировке перед вывозкой и распределением материала для дополнительного слоя основания в сухую погоду путем розлива обеспыливающих веществ или воды с помощью поливомоечных машин, цистерн, оборудованных распределительными устройствами, или специальных распределителей;

- использование при уходе за основанием или покрытием из материалов, укрепленных цементом, пленкообразующих материалов на водной основе во избежание загрязнения окружающей среды испаряющимися токсичными растворителями, входящими в состав пленкообразующих материалов;

- использование в качестве вяжущего битумных эмульсий и вязких битумов как вызывающих наименьшее загрязнение природной среды при устройстве оснований и покрытий из материалов, укрепленных органическими вяжущими;

- очистка и промывка кузовов бетоновозов и автосамосвалов, используемых для доставки цементобетонных смесей, в специально отведенных местах; сбор отведенной воды после промывки в специальные отстойники для повторного использования; запрещение сброса этих вод в поверхностные водоемы;

- выделение специальных площадок для заправки автомобилей, тракторов и других самоходных машин топливом и маслами; организация заправки стационарных машин и машин с ограниченной подвижностью (экскаваторы и др.) автозаправщиками и только с помощью шлангов, имеющих затворы у выпускного отверстия; запрет на применение для заправки ведер и другой открытой посуды;

- организация сбора отработанных и заменяемых масел с последующей отправкой их на регенерацию.

Мероприятия по охране животного мира:

- внесение в проект строительство экодуков и скотопрогонов на сложившихся маршрутах передвижения животных;

- устройство альтернативных временных путей миграции животных в случае пересечения этими путями строительной территории и минимизация времени перекрытия таких путей во время строительно-монтажных работ;

- сдерживание шума, вибрации, излучения и вредных выбросов от дорожных машин и оборудования на комфортном уровне для представителей животного мира в районе строительства;

- оптимизация транспортной схемы доставки грузов по временным дорогам, проложенным в обход мест концентрированного обитания животных.

Мероприятия по охране водоемов и подземных вод:

- выделение водоохранных зон в соответствии с действующими правовыми положениями;

- сбор стоков от мойки машин и механизмов в специальные резервуары с условием последующей очистки; предотвращение утечек ГСМ;

- расчистка после завершения строительства русел рек от наносов, порубочных остатков, мусора;

Мероприятия по охране атмосферы:

- максимальное сокращение использование твердого и жидкого топлива для производственно-технологических нужд и использование для этих целей электроэнергии и газа;

- регулярный контроль технического состояния парка машин и механизмов, проверка содержания в выхлопных газах вредных веществ.

РАЗДЕЛ 5

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГЛАВА 27. ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

27.1. Организация производственных предприятий в условиях линейного дорожного строительства

Производственная база дорожного строительства имеет коренные отличия от производственных баз других видов строительства: во-первых, ее предприятия находятся в основном на балансе дорожно-строительных организаций; во-вторых, в связи с линейным характером строительства автомобильных дорог они должны быть мобильными.

В состав производственной базы входят: заводы по приготовлению асфальтобетонных (АБЗ) и бетонных (ЦБЗ) смесей, смесей для устройства оснований; базы для приема и хранения каменных материалов, битума, цемента, битумных эмульсий и других материалов; карьеры каменных материалов и песка; полигоны по изготовлению строительных конструкций; мастерские различного назначения, предприятия по техническому обслуживанию и ремонту дорожно-строительной техники и автомобильного транспорта и др.

В отдельных случаях на территории производственной базы предусматривается возможность размещения автоколонны, комплекса зданий и сооружений строительного управления.

Особая роль отводится надежности и планомерной работе асфальтобетонных и цементобетонных заводов, установкам для приготовления смесей для устройства оснований. От их бесперебойной работы по доставке на линию к местам производства работ необходимых смесей с запланированной часовой производительностью зависит сменный темп устройства оснований и покрытий.

В этих условиях традиционная форма обеспечения объектов материалами и смесями перестала соответствовать условиям строительства магистральных автомобильных дорог, так как скорости обустройства производственных предприятий составляли не менее одного года — двух лет, а их передислокация на новое место была практически невозможна. Опыт строительства магистральных автомобильных дорог показал, что наиболее оптимальным вариантом является вариант раздельного размещения притрассового ЦБЗ (АБЗ), прирельсовой разгрузочной базы и притрассовой установки для приготовления различных смесей. Такая схема была успешно использована на строительстве автомобильных дорог.

При организации совместной работы притрассовых ЦБЗ и прирельсовых баз руководствуются следующими правилами: вдоль строящейся автомобильной дороги на выбранные площадки для размещения притрассовых ЦБЗ заранее, преимущественно в зимний период, вывозят крупный заполнитель; песок вывозят на стоянки передвижных ЦБЗ лишь с незначительным опережением времени их передислокации.

При строительстве магистральных автомобильных дорог главное различие между прирельсовыми базами и притрассовыми заводами заключается в совершенно других требованиях к мобильности их смесительного оборудования и оборудования баз для обеспечения возможности их быстрого перебазирования, минимальной трудоемкости монтажа и демонтажа и минимального объема работ при передислокации. При обычных темпах строительства (150...300 м за смену) годовой объем работ составляет 15...30 км, а при скоростном темпе 500...700 м за смену годовой объем работ составляет 50...70 км. В этих условиях срок службы прирельсовой базы на одном месте сокращается с трех — шести лет до одного года — двух лет.

Следовательно, появляется необходимость ежегодного перебазирования прирельсовой базы при минимальных объемах строительно-монтажных работ на сооружение базы и работ при демонтаже оборудования и ежегодного перебазирования производственного предприятия. Это обеспечивается использованием сборно-разборных конструкций и блочного (крупноагрегатного) оборудования, заменой

стационарных погрузочных средств (галерей, приемков и транспортеров) одноковшовыми фронтальными погрузчиками.

Новые требования предъявляются также к вспомогательному оборудованию предприятий, в частности к приемным устройствам и машинам для разгрузки железнодорожных вагонов. В настоящее время разгрузка производится главным образом с повышенных путей, что ведет к смещению материалов и необходимости их дополнительной очистки и сортировки по фракциям. Практически отсутствуют специальные средства для разгрузки каменных материалов.

Еще используются прирельсовые склады цемента бункерного типа, которые не отвечают современным требованиям по мобильности, вместимости и производительности разгрузки цемента из железнодорожных вагонов. Необходимо более эффективно использовать силосные склады цемента мобильного типа на базе цельноперевозимых и разборных силосов вместимостью 100...120 и 300...600 т.

Особая роль при строительстве магистральных автомобильных дорог отводится притрассовым ЦБЗ (АБЗ) и установкам по приготовлению смесей для устройства оснований. От их бесперебойной работы по доставке к местам потребления смесей и запланированной часовой производительности зависит сменный темп устройства оснований и покрытий.

Эффективность использования ЦБЗ (АБЗ) во многом зависит от времени, необходимого на передислокацию, и числа перебазировок в год. Количество передислокаций передвижного ЦБЗ или АБЗ определяется исходя из максимального времени транспортирования бетонной (асфальтобетонной) смеси по технологическим условиям, принятого темпа строительства и потребности в бетоне, зависящей от конструкции и категории строящейся автомобильной дороги.

Одна из главнейших особенностей организации производственных предприятий в условиях строительства магистральных автомобильных дорог — широкое использование передвижных АБЗ и ЦБЗ. В сочетании с прирельсовой базой применение передвижных предприятий обеспечивает сокращение дальности транспортирования готовых смесей, что положительно влияет на темп и качество работ; возможность более равномерного распределения объемов автомобильных перевозок каменных материалов в течение года, благодаря чему сокращается потребность в технологическом транспорте в строительный сезон; упрощение технологической и организационной схемы производственной базы.

Однако очень частое перебазирование не всегда эффективно, так как приводит к снижению числа рабочих дней ЦБЗ в строительном

сезоне. Современные передвижные ЦБЗ производительностью 120...240 м³/ч на базе смесительных установок мобильного типа передислоцируются с одной стоянки на другую в течение 5...7 сут., причем есть все основания сократить это время в дальнейшем до 2...3 сут.

Грунтосмесительные установки (ГСУ) по приготовлению смесей для устройства цементогрунтовых оснований, как правило, размещаются в карьерах или у строящейся дороги. При выборе карьера для размещения смесителя учитывают пригодность и достаточность грунта, удобство подачи к нему вяжущих и воды, близость карьера к строительному объекту. ГСУ перемещаются вдоль строящейся автомобильной дороги, т.е. места их работы должны организовываться так же, как и места работы передвижных ЦБЗ.

27.2. Классификация и размещение производственных предприятий дорожного строительства

По видам выпускаемой продукции производственные предприятия бывают основного, подсобно-производственного и энергетического назначения.

К предприятиям основного назначения относят: АБЗ и ЦБЗ, базы по добыче и переработке каменных материалов, прирельсовые базы цемента (минерального порошка), каменных материалов, битума и битумных эмульсий; заводы и полигоны сборных бетонных и железобетонных конструкций.

В состав предприятий подсобно-производственного назначения входят: склады и хранилища различного назначения; ремонтно-механические мастерские; пункты технического обслуживания дорожных машин и автомобильных транспортных средств; объекты административно-бытового назначения.

К предприятиям энергетического назначения относят: электростанции и трансформаторные подстанции, котельные установки и компрессорные станции, водопроводы, артезианские скважины и очистные сооружения, внутриплощадные сети электро-, тепло- и водоснабжения.

По характеру эксплуатации в зависимости от размещения и средств доставки материалов предприятия могут быть прирельсовые и при-трассовые. Прирельсовые предприятия сооружают непосредственно

у железнодорожной ветки — вся или бóльшая часть материалов поступает по железной дороге.

Притрассовые заводы сооружают в непосредственной близости от строящейся автомобильной дороги. В этом случае все материалы доставляют транспортные средства с прирельсовых базисных складов или непосредственно из притрассовых карьеров и цементных заводов.

Предприятия для приготовления смесей можно разделить на стационарные, инвентарные и передвижные. Стационарные предприятия размещают, как правило, в капитальных сооружениях, предназначенных для длительного срока эксплуатации (от двух лет и более) на одном месте.

В отличие от стационарных инвентарные заводы (базы) комплектуются набором машин, оборудования и строительных конструкций сборно-разборного типа.

Передвижные предприятия организуют для приготовления смесей вблизи мест укладки оснований и покрытий. Они предназначены для кратковременного использования (от одного месяца до одного года) на одном месте. В зависимости от конструктивных решений передвижные предприятия в свою очередь могут подразделяться на сборно-разборные и смонтированные на пневмоколесном ходу.

Блоки производственных предприятий, смонтированных на колесном ходу, выполнены в виде полуприцепов седельного типа. Такое исполнение позволяет предельно сократить время на монтаж и транспортирование оборудования.

Технологическое оборудование и производственные помещения сборно-разборных предприятий монтируются на нескольких самостоятельных жестких рамах, причем каждая группа механизмов (блок) имеет массу и размеры, допускающие перевозку технологического оборудования в разобранном состоянии автомобильным транспортом и по железной дороге.

ГЛАВА 28. ПРЕДПРИЯТИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ГОРНЫХ ПОРОД

28.1. Разработка горных пород

К месторождениям камня, гравия и песка предъявляют следующие требования:

- разведанные запасы, подлежащие разработке, должны быть не ближе 400...600 м от жилых зданий, дорог, газопроводов;
- полезная толща не должна содержать линз и прослоек некачественных материалов;
- предельное отношение толщины вскрыши к мощности полезного ископаемого не должно превышать 1:1 при разработке песчано-гравийных смесей и 1:1,5 — при разработке камня.

Для использования месторождения создают производственное предприятие — карьер. Карьеры подразделяются на промышленные и строительные.

Промышленные карьеры с большими запасами доброкачественного полезного ископаемого — постоянно действующие, капитально оборудованные предприятия. Срок их действия — более десяти лет. Они обеспечивают дорожные стройки в радиусе 1000...1500 км. Промышленные карьеры, как правило, не подчинены дорожным предприятиям.

Строительные карьеры — предприятия временного типа. Срок их действия составляет один — три года. Сооружения на таких карьерах мобильного типа, сборно-разборные или передвижные. Строительные карьеры подразделяют на притрассовые и базисные. Притрассовые карьеры создают вблизи трассы строящейся автомобильной дороги, базисные — на мощных притрассовых месторождениях, удаленных от трассы. После завершения строительства эти карьеры часто используют при эксплуатации дорог.

В практике дорожного строительства используют все виды карьеров. Целесообразность разработки того или иного карьера определяется следующими критериями: мощностью запасов материалов, объема вскрышных работ, качеством, дальностью возки и себестоимостью продукции франко-место потребления.

Несмотря на сравнительно высокую стоимость продукции строительных карьеров в сравнении с промышленными, их разработка целесообразна благодаря близости к местам потребления.

Разработке горных пород предшествуют изыскания месторождений песка, гравия и камня, которые подразделяются на следующие стадии: рекогносцировка, поиск, разведка.

Рекогносцировка позволяет установить район по разведке месторождений и, ориентировочно указав запасы материалов, дать ему предварительную оценку. Отчет по рекогносцировке включает описание месторождения, глазомерный план или карту и служит только для планирования строительства.

При поиске устанавливают ориентировочные запасы, ценность и пригодность материалов для строительства автомобильных дорог. Для поисковых работ используют топографическую карту крупного масштаба, геологические и геолого-литологические карты, литературные источники. При поисках делают выработки легкого типа (расчистки — неглубокие каналы).

При детальной разведке ведется всестороннее изучение месторождения: определяются качество, объем и условия залегания пород. При этом пользуются контрольными шурфами, скважинами. При бурении скважин вырезают керны. Все шурфы и скважины заносят в полевой журнал, в котором показывают пройденные породы, мощность слоев. На плане, выполненном в масштабе 1:2000, указывают все скважины, шурфы и естественные обнажения. По их данным составляют геологические разрезы. По ним судят о залегании ископаемого, месте и глубине разработки месторождения.

До разработки карьера должна быть подготовлена следующая документация: горноотводные документы; разрешение на право производства горных и буровых работ, на хранение взрывчатых материалов; план горных работ с пояснительной запиской.

Технологический процесс разработки песчаных и гравийных месторождений состоит из следующих работ: подготовительных, вскрышных, добычных, транспортных и погрузочно-разгрузочных (рис. 28.1).

Основными процессами при разработке месторождений являются добыча породы и транспортирование ее на камнедробильные заводы. Извлечение полезного ископаемого производят слоями. В результате разрабатываемый массив горных пород приобретает форму уступов. Каждый уступ (рис. 28.2) характеризуется высотной отметкой горизонта расположения на нем транспортных путей.

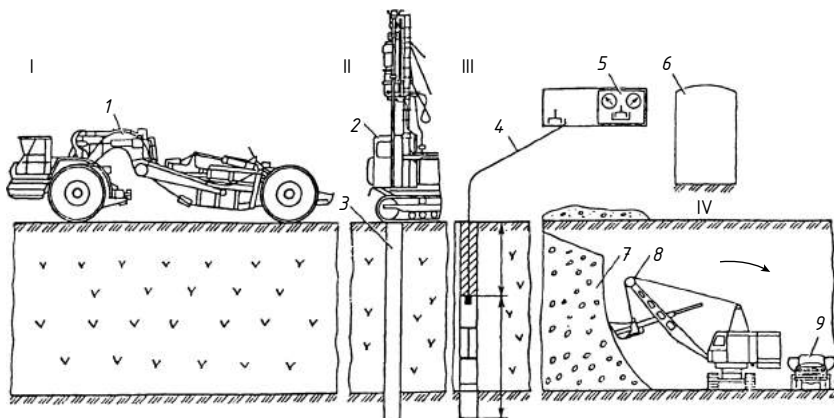


Рис. 28.1. Технологический процесс разработки месторождений:

I — удаление вскрыши; II — бурение скважин; III — зарядка скважин; IV — погрузочно-транспортные работы; 1 — скрепер; 2 — буровой станок; 3 — скважина; 4 — электропровод; 5 — передвижная электростанция с контрольным рубильником; 6 — блиндаж для укрытия; 7 — развал горной породы после взрыва; 8 — экскаватор; 9 — автомобиль-самосвал

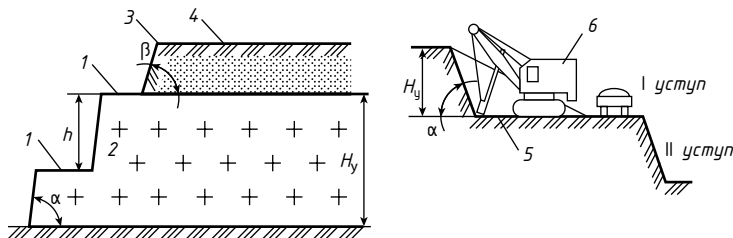


Рис. 28.2. Элементы уступа горной выработки:

1 — верхняя и нижняя площадки; 2 — откос уступа; 3 — бровка вскрыши; 4 — вскрыша; 5 — развал взрывной породы; 6 — экскаватор; α — угол откоса уступа; β — угол откоса вскрыши; H_y — высота уступа; h — высота подуста

Поверхности, ограничивающие уступ по высоте, называют нижней и верхней площадками. Наклонную плоскость, ограничивающую уступ со стороны выработанного пространства, называют откосом уступа, а угол наклона уступа к горизонтальной плоскости — углом откоса уступа. Линии пересечения уступа с нижней и верхней площадками называют нижней и верхней бровками.

Различают рабочие и нерабочие уступы. На рабочих уступах производят выемку горных пород, поэтому нижнюю площадку этого уступа называют рабочей. Здесь располагают выемочно-погрузочные маши-

ны и транспортные пути, необходимые для удаления полезного ископаемого.

Подготовленную для разработки часть уступа по длине называют фронтом работ уступа, а поверхность горных пород в пределах уступа или развала, являющуюся объектом выемки, — забоем. Для планомерной добычи породы и рационального использования строительных и транспортных машин месторождение разрабатывают слоями. Толщина и возможное число слоев зависят от мощности залежи и пустой породы, от параметров выемочно-погрузочного оборудования. Выемку слоев ведут последовательно сверху вниз независимо от направления напластования горных пород.

Залежи толщиной менее 2...3 м разрабатывают одним уступом. Наклоненные и крутопадающие залежи горизонтальной мощностью 20...40 м разрабатывают в несколько уступов, причем нарезка нового уступа связана с полной выемкой полезного ископаемого на вышележащем горизонте.

28.2. Особенности разработки скальных пород

В технологию разработки скальных пород включены следующие процессы: вскрышные работы; буровзрывные работы; механическое рыхление горных пород; выемочно-транспортные работы с использованием одноковшовых экскаваторов, скреперов, бульдозеров, погрузчиков; подготовка горной массы в забое на передвижных камнедробильных установках крупного дробления для последующей отправки на камнедробильные заводы.

Вскрышные работы. Полезное ископаемое обычно закрыто слоем породы, непригодной для промышленного использования. Эту породу считают пустой и называют вскрышной.

Главным показателем эффективности горных разработок является соотношение извлекаемых объемов пустой породы и полезного ископаемого. Отношение объема пустой породы (в кубических метрах или тоннах) к объему полезного ископаемого называют коэффициентом вскрыши:

$$K_{\text{сп}} = \frac{V_{\text{в}}}{V_{\text{п}}},$$

где $V_{\text{в}}$ — объем вскрышных работ; $V_{\text{п}}$ — объем полезного ископаемого.

Вскрышные работы в месторождениях полезных ископаемых осуществляют открытым способом, используя различные технологические схемы с применением добычных и погрузочно-разгрузочных машин:

одноковшовыми экскаваторами (при большой толще пустой породы) и одноковшовыми погрузчиками. На вскрышных работах чаще применяются экскаваторы на гусеничном ходу. Пустую породу отвозят в автомобилях-самосвалах на внутренние отвалы (выработанное пространство карьера) или на внешние. Вскрышу разрабатывают горизонтальными слоями веерным продвижением фронта;

с применением буровзрывных работ, что зависит от прочности вскрышных пород;

с использованием бульдозеров и скреперов. Эту схему используют в случае небольшого объема пустой породы. Дальность транспортирования породы определяется вместимостью ковша скрепера;

с перемещением пустой породы в отвалы бульдозером с последующей ее погрузкой экскаватором или одноковшовым погрузчиком для транспортирования на внутренние или внешние отвалы;

гидромеханизированным способом.

Буровзрывные работы в карьерах. Буровзрывные работы являются весьма трудоемким и дорогостоящим процессом добычи полезного ископаемого. Затраты на их выполнение составляют 20....30% себестоимости щебня. Отличительная особенность ведения буровзрывных работ в карьерах обусловлена широким диапазоном горных пород, гидротехнических условий разработки. В связи с этим особую важность при эксплуатации месторождений приобретает выбор рациональных и экономичных способов бурения и взрывания.

Буровыми работами называют комплекс работ по бурению скважин и шпуров, т.е. выработок цилиндрической формы, получаемых путем механического или физического воздействия на горные породы. По характеру разрушения породы в шпуре или скважинах различают два способа бурения: механический и термический. Наибольшее применение нашли способы механического бурения: вращательный, ударный и ударно-вращательный (рис. 28.3).

При термическом бурении под воздействием горячих газов (2200... 3500 °С), направленных на забой скважин, порода разрушается и выносится на поверхность в виде мельчайших частиц. Для бурения применяют горелку в виде реактивного сопла, опускаемую в скважину. Горючей смесью служат керосин и кислород. Горелку охлаждают водой, которая под воздействием высоких температур переходит в пар и выносит на поверхность разрушенную породу.

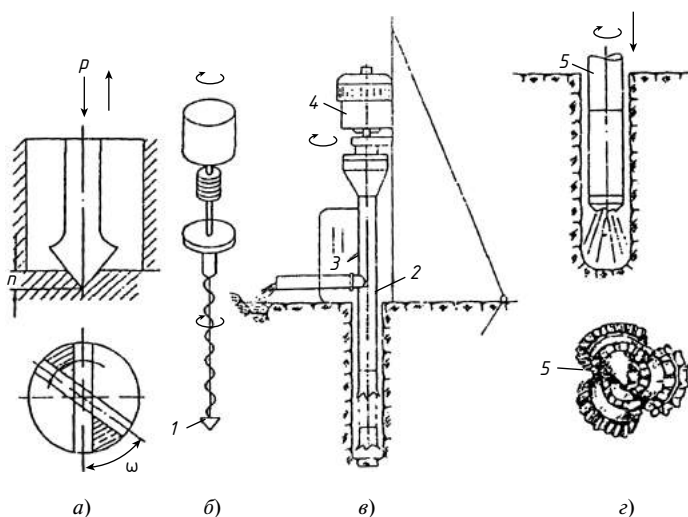


Рис. 28.3. Способы бурения:

а — ударный; *б* — вращательный; *в* — ударно-вращательный;
г — термический; 1 — резец; 2 — пневмоударник; 3 — штанга;
 4 — электродвигатель; 5 — реактивная горелка; 6 — шарошка

Взрывные работы. После готовности шпуров или скважин производят их заряджение взрывчатым веществом и последующее взрывание. Заряджение — процесс размещения заряда ВВ в зарядной камере или на поверхности разрушаемого объекта. Метод камерных зарядов используют при высоте уступа не менее 12...15 м, угле откоса не менее 50°.

Зарядная камера может быть выполнена в виде шпура, скважин, котлового шпура, рукава и шурфа. Достоинствами метода камерных зарядов являются высокая производительность труда на взрывных работах и сокращение числа взрывов. К недостаткам следует отнести трудоемкость подготовительных работ, возникновение сейсмических колебаний, трудность ликвидации отказов.

Способы и средства взрывания

Огневое взрывание (рис. 28.4, *а, б, в*) — простое, обеспечивает любую последовательность взрывания зарядов и отличается невысокой стоимостью. К недостаткам относится опасность производства взрывных работ во время зажигания шнуров в забое, так как взрывники располагаются в непосредственной близости от него.

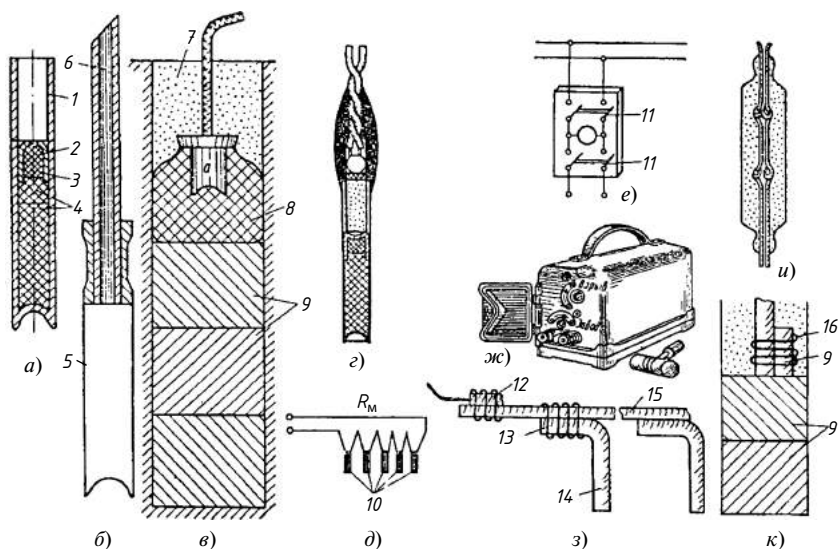


Рис. 28.4. Способы взрывания:

a — капсюль-детонатор; *б* — воспламенительная труба; *в* — зарядение;
г — электродетонатор; *д* — соединение электродетонаторов;
е — минная станция; *ж* — подрывная машина; *з* — соединение детонирующего шнура; *и* — узлы ДШ; *к* — использование ДШ для взрыва;
 1 — гильза; 2 — заряд первичного инициирующего ВВ; 3 — чашечка;
 4 — заряды вторичного инициирующего ВВ; 5 — капсюль-детонатор;
 6 — огнепроводный шнур; 7 — забойка; 8 — патрон-боевик; 9 — патроны ВВ; 10 — электродетонаторы; 11 — рубильник; 12 — капсюль-детонатор или электроприбор; 13 — бечева; 14 — ответвление для ДШ к зарядам ВВ; 15 — магистральная линия ДШ; 16 — обвязка

Для огневого способа взрывания применяются капсюли-детонаторы, от взрывания которых возбуждается детонация заряда в шнур. Для передачи искры к капсюлю зажигается бикфордов шнур или детонирующий шнур. Капсюли-детонаторы очень чувствительны к толчкам, ударам и трению и требуют в обращении большой осторожности при хранении и зарядении.

Процесс огневого взрывания зарядов состоит из следующих операций: изготовления воспламенительной трубки и патрона-боевика, зарядения, забойки, непосредственного взрывания.

Электрический способ взрывания (см. рис. 28.4, *г, д, е, ж*). Средствами электрического взрывания зарядов ВВ являются электродетонаторы, проводники электрического тока, источники тока и токоизмерительная аппаратура. Достоинства данного способа взрывания

закljučаются в возможности производства одновременного или последовательного взрыва нескольких зарядов, а также в относительной безопасности работ (взрывник во время подключения электродетонатора к цепи и в момент взрыва находится на безопасном расстоянии).

Недостатки электрического способа взрывания: сложность выполнения, а также необходимость расчета электровзрывной цепи, большая стоимость средств взрывания, главным образом электродетонаторов.

В качестве источников тока при электрическом взрывании можно применять взрывные машины, силовую и осветительную сеть. Для контроля исправности электровзрывательной цепи и определения ее сопротивления используют омметры, мостики.

Соединение электродетонаторов, находящихся в зарядах, между собой может быть последовательным, параллельным и смешанным в зависимости от величины сопротивления электродетонаторов и от силы тока. При последовательном соединении требуется большая сила тока.

Для электродетонаторов с большим сопротивлением применяют параллельное соединение, а для электродетонаторов с малым и средним сопротивлением — последовательное и смешанное.

Взрывание детонирующим шнуром (см. рис. 28.4, з, и, к). Для взрывания детонирующим шнуром необходим взрыв прикрепленного к нему капсуля-детонатора или электродетонатора. Преимущество этого способа заключается в простоте подготовки, безопасности производства взрывных работ и ликвидации отказов, обеспечении одновременности и последовательности взрывания серии зарядов ВВ, увеличении мощности взрыва в удлиненных зарядах за счет увеличения скорости детонации. Недостаток способа — высокая стоимость детонирующего шнура. Этот способ целесообразно использовать при взрывании больших зарядов ВВ.

Выемка и погрузка горной породы. После взрыва погрузка из развала рыхлой породы производится экскаватором на автомобилесамосвалы, самоходные тележки, железнодорожный подвижной состав или через бункеры на транспортеры.

Размеры развала (рис. 28.5) поперечной формы — ширина B и высота H_p — зависят от свойств породы в массиве, массы зарядов ВВ, расположения их относительно откоса уступа и в значительной степени от схемы коммуникации скважинных зарядов.

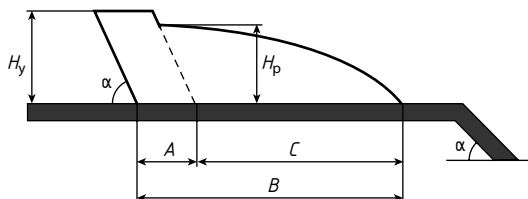


Рис. 28.5. Схема и параметры развала породы, разрыхленной взрывом:

H_y — высота уступа; H_p — высота развала; α — угол уступа;
 A — глубина буровой заходки; B — ширина развала взорванной породы; C — ширина развала разрыхленной взрывом породы

При выборе экскаватора с «прямой лопатой» (рис. 28.6) максимальную ширину заходки выбирают равной: для рыхления мягких пород — 1,5 радиуса черпания экскаватора на уровне стоянки; для скальных пород, разрыхленных взрывом, при железнодорожном транспорте — 1,7 радиуса черпания, при автомобильном — 1,5...1,7. Для бесперебойной работы экскаватора необходимо иметь запас разрыхленной горной породы не менее чем на 10 сут. работы.

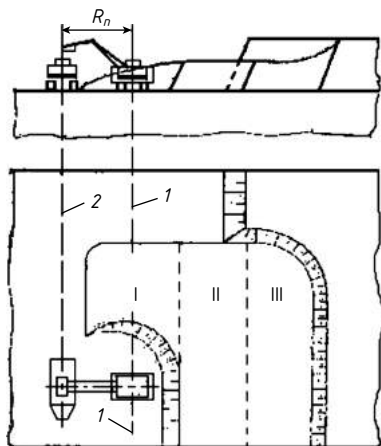


Рис. 28.6. Схема выемки и погрузки взорванных пород в автомобили-самосвалы экскаватором с прямой лопатой:

I — ось передвижения экскаватора; 2 — ось движения автомобилей-самосвалов;
 R_n — радиус погрузки экскаватора; I...III — номера экскаваторных заходок

В карьерах при разработке горных пород целесообразно применение скреперов для выполнения основных и вспомогательных технологических процессов.

Колесные скреперы следует применять на вскрышных и рекультивационных работах, при снятии, транспортировании и складировании почвенного слоя.

Расстояние поставки породы к транспортным устройствам или в бункеры перерабатывающих установок должно быть оптимальным.

В карьерах применение бульдозеров целесообразно при расстоянии до 100 м. В автомобилях-самосвалах горную массу загружают бульдозером через специальный помост, а при большей разности отметок — через лоток.

Для гидромеханического способа разработки обводненных и подводных песчано-гравийных месторождений применяют гидромониторы и землесосные снаряды.

Гидромеханический способ разработки песчаных пород имеет ряд ограничений и может быть эффективным при наличии экономичного источника энергии воды и естественного уклона местности, обеспечивающего перемещение гидросмеси самотеком по лоткам или каналам.

28.3. Особенности разработки обломочных пород

Залежи обломочных горных пород, состоящие из смеси песка более 50%, гравия и валунов, называют песчано-гравийными месторождениями. При содержании песка в смеси менее 50% месторождения называют гравийно-песчаными.

Песок и гравий для дорожного строительства должны соответствовать требованиям, устанавливаемым государственными стандартами, регламентирующими: размер фракций готовой продукции, содержание слабых включений, глинистых и пылеватых частиц, морозостойкость и форму зерен.

Гравийный материал получают сортировкой природных гравийно-песчаных смесей. Для дорожного строительства применяют гравий размерами 5...10, 10...20, 20...40, 40...70 мм. Содержание слабых разновидностей пород не должно превышать 10% по массе. Количество глинистых, илистых и пылеватых частиц не должно превышать 1%. Гравий не должен содержать больше 15% зерен пластинчатой или игольчатой формы.

Технология разработки песчано-гравийных месторождений зависит от наличия в них крупнообломочного материала и прослоек раз-

личных пород. На песчано-гравийных карьерах чаще всего применяют продольные, поперечные и реже кольцевые системы разработки. Наиболее широко применяются для разработки песчано-гравийных месторождений экскаваторы, погрузчики и бульдозеры. На больших карьерах эффективно используют гидромеханизацию разработок. Добыча горных пород с использованием гидромониторов применяется при разработке необводненных карьеров и наличии соответствующего источника воды.

На отдельных стационарных карьерах для более полного использования дорожно-строительного оборудования, освобождающегося в зимнее время, заготавливают каменные материалы зимой. Разработка песчано-гравийных месторождений в зимнее время вызывает ряд сложностей, из которых наиболее серьезное — промерзание породы. Самый простой способ борьбы с промерзанием породы — создание на площади, подлежащей разработке, искусственного снегового покрова толщиной 1...1,5 м. Используются также вспашка поверхности на глубину 30...50 см и укрытие месторождения теплоизоляционными материалами (соломой, мхом, опилками и др.).

28.4. Охрана труда и окружающей природной среды

К руководству горными работами на открытых разработках допускаются лица, имеющие законченное высшее или среднетехническое образование и право для ответственного ведения горных работ. В карьерах производительностью менее 10 000 м³ горной массы в год без производства подземных или взрывных работ к техническому руководству могут быть допущены лица, хотя и не имеющие права ответственного ведения горных работ, но со стажем работы в карьере не менее двух лет.

Заблаговременно до начала вскрышных работ необходимо удалить кустарники, пни и деревья с намеченной для разработки площадки. Плодородный слой грунта на площади, занимаемой карьером и отвалами, следует снимать, складировать и хранить для восстановления нарушенных земель при разработке карьера. Отвалы грунта, непригодного для строительства дорог, следует размещать в выработанном пространстве или вне карьера, используя естественные и искусственные неровности рельефа местности.

Выработки карьеров, а также провалы и воронки должны быть надежно ограждены по всему периметру, особенно вблизи населенных пунктов, дорог и троп для предохранения от падения в них людей и животных. Ограждения должны быть установлены не ближе 1 м от бровки откоса высотой не менее 1,5 м с двумя-тремя промежуточными элементами по высоте. В карьерах, где временно прекращена работа, выработки и прилегающую территорию требуется привести в безопасное состояние и обеспечить освещение в темное время суток.

Борьба с пыле- и газообразованием в карьерах. На карьерах загрязнение атмосферы пылью происходит при буровых и взрывных работах, экскавации и погрузке разрабатываемых пород, их вторичном дроблении, транспортировании, а также при отвалообразовании.

При работе дизельного карьерного оборудования, автомобильного транспорта, при окислительных процессах и взрывных работах в карьерах выделяются вредные газы, содержание которых зачастую превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). Из газов наиболее опасны альдегиды, окислы азота и углерода. Степень загрязнения атмосферы пылью и газами зависит от интенсивности работы карьерного оборудования, динамики воздухообмена карьера, климатических условий и эффективности работы имеющихся средств пылеобразования.

Мероприятия по борьбе с пылеобразованием в карьерах зависят от видов источников пылеобразования. При бурении шпуров и скважин перфораторами и шарошечном бурении образуются каменные частицы и пыль. Пылеулавливание при бурении производится в основном в несколько стадий с помощью пылесадительных камер, различных циклонов, рукавных фильтров и другого оборудования. Лучшие результаты дает применение мокрых пылеуловителей и тканевых рукавных фильтров, перспективно также подавление пыли при буровых работах водовоздушной смесью, получаемой в результате рыхления воды потоком сжатого воздуха.

Значительное загрязнение атмосферы происходит при взрывных работах в карьерах и при разработке скальных выемок. За один массовый взрыв в атмосферу выбрасывается до 150...200 т пыли и 6000...8000 м³ газов. Концентрация пыли в пылегазовом облаке изменяется от 680 до 4250 мг/м³.

Для уменьшения количества образующихся при взрывах токсичных газов необходимо применять взрываемое вещество с нулевым или близким к нулю кислородным балансом. При применении взрываемых веществ с отрицательным балансом для снижения загрязнения

атмосферы рекомендуется в забоечный материал добавлять различные нейтрализаторы, например известь-пушонку.

Орошение пылегазового облака возможно также искусственным осадкообразованием или с помощью дождевальных установок и вентиляторов-оросителей.

Воду, удаляемую из карьера, необходимо сбрасывать в ближайший водоток или в место, исключающее возможность ее обратного проникновения в выработки и заболачивания прилегающих территорий.

Промывка материалов на притрассовых карьерах с осветлением промывочной воды производится в тонкослойных отстойниках и прудах-отстойниках.

Пруды-отстойники можно устраивать в замкнутых котлованах (в выработанном пространстве карьера) или в оврагах и логах (путем перегораживания дамбами).

Рекультивация земель, нарушенных открытыми горными разработками. Земли, нарушенные при разработке притрассовых карьеров, после завершения работ (не позднее одного года) должны быть приведены в состояние, пригодное для их использования в народном хозяйстве.

Рекультивацию следует производить в два этапа: I этап — горнотехнический; II этап — биологический.

В процесс горнотехнической рекультивации земель включают: снятие плодородного слоя почвы и хранение во временных отвалах с площадей, отведенных под горные работы и отвалы вскрышных пород; планировку отвалов в целях устройства удобных для рекультивации местности и строительства подъездных дорог, дренирование и другие мелиоративные мероприятия; отсыпку на рекультивированную поверхность плодородного слоя почвы и его планировку; другие инженерно-технические решения.

Биологический этап предусматривает сдачу земель пользователем для последующей биологической рекультивации, включающей выполнение следующих работ: улучшение плодородия нарушенных земель; полное восстановление первоначального биологического потенциала земель; подготовку земель для возделывания сельскохозяйственных культур, пастбищных угодий и лесонасаждений.

ГЛАВА 29. КАМНЕДРОБИЛЬНЫЕ ЗАВОДЫ

29.1. Основные работы на камнедробильных заводах

Для получения нужной продукции полезное ископаемое подвергается переработке на дробильно-сортировочных заводах. Переработка состоит из дробления, сортировки, промывки и обогащения щебня, гравия, песка.

Дробление и измельчение — уменьшение размеров кусков (зерен) горной массы посредством механического разрушения. Принято считать, что при дроблении получают продукты преимущественно крупные, а при измельчении — менее 0,5 мм. Для измельчения используют мельницы (шаровые, стержневые), а для дробления — дробилки (щековые, конусные, валковые, молотковые).

Сортировка (грохочение) — разделение продуктов переработки по крупности на грохотах.

Промывку щебня и гравия производят на грохотах или в машинах-мойках в целях удаления комовой глины, пылеватых и глинистых частиц.

Классификацию и обогащение песков используют для доведения зернового состава до требований государственных стандартов, выполняя эти операции в гидроклассификаторах и гидроциклонах.

Обогащение щебня и гравия по прочности производят в отсадочных машинах, механических классификаторах, установках для обогащения в тяжелых средах.

Обогащение щебня по форме зерен предназначено для получения щебня кубовидной формы. Эту операцию производят избирательно сортировкой на щелевидных ситах, грануляцией щебня в роторных дробилках ударного действия и в барабанах-грануляторах.

Обезвоживание каменных материалов производится для снижения влажности материала до заданного значения, определяемого местом операции обезвоживания в технологическом процессе. Песок обезвоживают в спиральных классификаторах, а щебень и гравий на виброгрохотах.

Производство щебня заключается в последовательном выполнении приведенных операций, составляющих технологический процесс получения каменных материалов.

Выпуск ассортимента готовой продукции зависит от включения в технологическую схему определенного количества операций сортировки и классификации, дробления, промывки и обогащения.

Для выбора технологической схемы переработки полезного ископаемого следует иметь следующие данные: характеристику исходной горной массы; прочностной и зерновой состав; ассортимент готовой продукции; климатические условия района строительства.

Выбор способов дробления. Способ дробления горной породы зависит от физико-механических свойств дробимого материала и крупности его кусков. Способность горных пород противостоять разрушению зависит от прочности, наличия трещин в кусках, способов воздействия на них разрушающих усилий. Наибольшее сопротивление оказывают горные породы раздавливанию, меньшее — изгибу и особенно растяжению.

В настоящее время применяют дробилки, работающие главным образом по принципу раздавливания и удара при добавочных истирающих и изгибающих воздействиях на дробильный материал.

Технологические схемы камнедробильных заводов (КДЗ) многообразны и зависят в первую очередь от прочности камня и загрязнения вредными примесями. При выборе технологической схемы производства на КДЗ учитывают тип перерабатываемой горной породы (рис. 29.1):

I — однородные магматические горные породы (граниты, диориты, сиениты и др.) с пределом прочности при сжатии 600 МПа и более, метаморфические (осадочные) породы с прочностью 60...250 МПа;

II — прочные однородные осадочные породы с пределом прочности при сжатии 60...200 МПа;

III — неоднородные малоабразивные породы с прочностью от 10 до 150 МПа с содержанием труднопромываемых включений.

Степень дробления и измельчения. Количественной характеристикой процесса дробления служит степень дробления, показывающая, во сколько раз уменьшились куски материала при дроблении.

Со степенью дробления связаны расходы энергии и производительность дробилок.

Степень дробления определяется по формуле

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}},$$

где $D_{\max}$ — наибольший диаметр куска до дробления; $d_{\max}$ — наибольший диаметр куска после дробления.

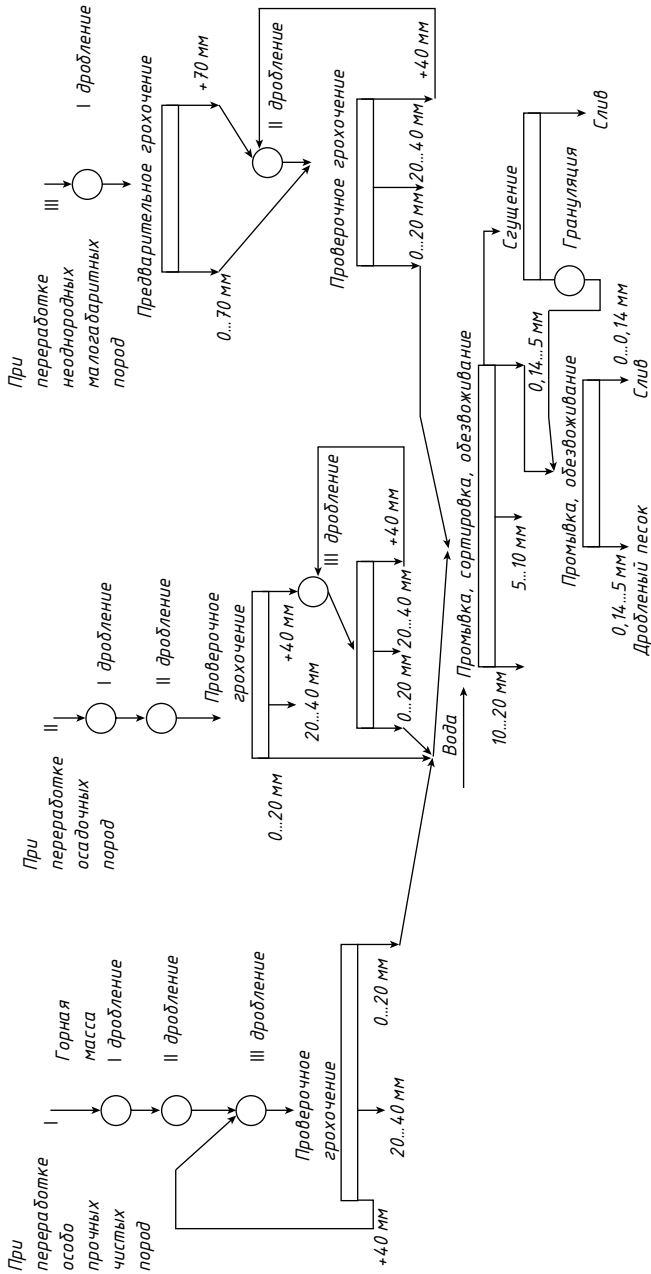


Рис. 29.1. Технологическая схема дробления, сортировки, промывки

Для конкретных дробилок в технических паспортах приводится график выходов сортов щебня в зависимости от ширины выходной щели дробилки для условно принятой плотности горной породы.

Получение высоких степеней дробления в одной дробилке практически невозможно, поскольку каждая дробилка работает только при ограниченной степени дробления. Рационально материал от большего размера до требуемого дробить в нескольких последовательно расположенных дробилках (рис. 29.2).

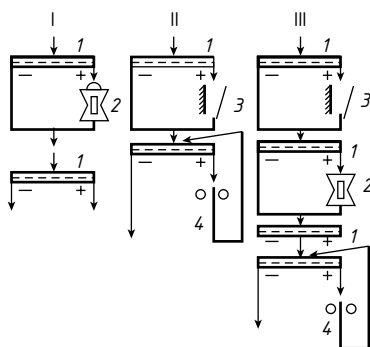


Рис. 29.2. Схемы дробления: I, II, III — одно-, двух- и трехстадийные; 1 — грохот; 2 — конусная дробилка; 3 — щековая дробилка; 4 — валковая дробилка

Степень дробления, получаемую в каждой стадии, называют частной, во всех стадиях — общей степенью дробления.

В материалах, поступающих на дробление, всегда имеются куски мельче того размера, до которого идет дробление в данной стадии. Такие куски выделяют из исходного материала исходя из принципа «не дрови ничего лишнего». Дробилки могут работать в открытом или замкнутом цикле. При открытом цикле материал проходит через дробилку один раз и в конечном продукте всегда присутствует некоторое количество кусков избыточного размера. При замкнутом цикле материал неоднократно проходит через дробилку. Раздробленный материал подается на грохот, выделяющий из него куски избыточного размера, которые возвращаются для повторного дробления в ту же или вторичную дробилку. На практике наибольшее распространение получило двухстадийное (двухступенчатое дробление).

Дробление каменных материалов производится в специальных дробилках, мельницах и дробильно-сортировочных установках.

По конструкции и способу дробления различают дробилки: щековые, конусные, гирационные, ударные (молотковые и роторные).

По степени измельчения мельницы подразделяются на струйные, вибрационные и шаровые.

Щековые дробилки отличаются простотой конструкции и относительно несложным уходом при эксплуатации. В них измельчение происходит в пространстве между двумя щеками при сравнительно медленном нарастании давления. Щековые дробилки подразделяются по характеру движения подвижной щеки на два класса: дробилки с простым (по закону маятника) и сложным (эллипсоидным) движением подвижной щеки относительно оси подвеса. Щековые дробилки — прочные и надежные механизмы, используемые в качестве оборудования первичного дробления. К недостаткам щековых дробилок следует отнести большое количество движущихся деталей, что предопределяет устройство массивных фундаментов для их монтажа.

В последнее время появились усовершенствованные модели щековых дробилок — вибрационные щековые дробилки.

Конусные дробилки измельчают горную породу путем совместного воздействия истирания и сжатия материала между двумя поверхностями в камере дробления.

Основное действие конусной дробилки — раздавливание в сочетании с разломом кусков при изгибе, возникающем, когда кусок зажат между вогнутой поверхностью чаши и выпуклой поверхностью дробящего конуса. Конусные дробилки используются для мелкого дробления на второй и третьей стадиях измельчения. Они особенно эффективны для изготовления щебня из гравия. Модификации конусных дробилок могут использоваться для получения щебня кубовидной формы.

Гирационные дробилки оборудованы гидравлической системой, регулирующей ширину разгрузочной щели, влияющей на крупность продукта. В сравнении с конусными вторичными дробилками гирационная дробилка имеет камеру дробления, предназначенную для приема питающего материала относительно большего размера по сравнению с диаметром подвижного конуса.

Молотковые и роторные дробилки относятся к дробилкам ударного действия. В молотковых дробилках камень измельчается силой ударов, нанесенных молотками. Они служат для дробления известняков и хрупких каменных материалов с прочностью на сжатие до 150 МПа.

В роторных дробилках материал разрушается за счет кинетической энергии жестко закрепленных на роторе движущихся тел. Промышленность выпускает однороторные и двухроторные дробилки. Производительность двухроторных дробилок выше, чем однороторных, в 1,5 раза.

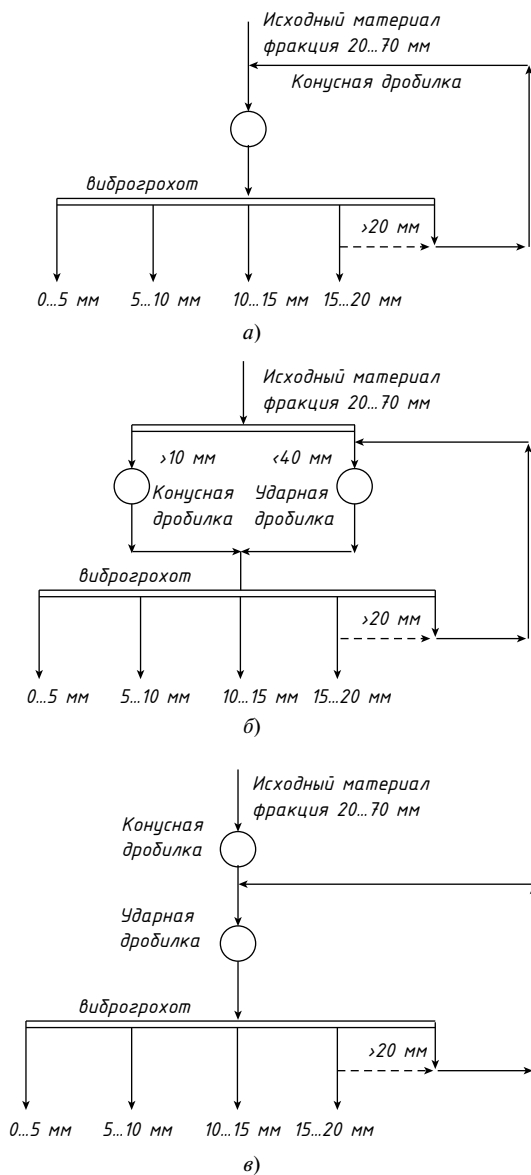


Рис. 29.3. Технологическая схема дробильно-сортировочной установки:
 а — с использованием конусной дробилки; б — с использованием параллельно работающих конусной и ударной дробилок; в — с использованием последовательно работающих конусной и ударной дробилок

В настоящее время большое внимание уделяется производству щебня узких фракций кубовидной формы. Для получения щебня узких фракций кубовидной формы следует в качестве исходного материала использовать щебень из изверженных горных пород фракций 20...70, 40...70 и 20...40 мм. Целесообразнее использование фракций щебня 20...40 мм, в процессе переработки которого получается меньшее количество отсевов дробления фракций 0...5 мм.

Получение щебня кубовидной формы осуществляется на специальных дробильно-сортировочных установках, комплектация которых зависит от вида и крупности исходной породы, количества и номинального размера фракций щебня в готовой продукции, содержания зерен пластинчатой и игловатой (лещадной) формы в готовой продукции и требуемой производительности дробильно-сортировочного оборудования (рис. 29.3).

При содержании зерен пластинчатой и игловатой формы до 15% может быть рекомендована технологическая схема дробильно-сортировочной установки, состоящей из приемного бункера, специальной конусной дробилки, используемой в замкнутом цикле с виброгрохотом (см. рис. 29.3, а).

Дробильно-сортировочная установка при содержании зерен пластинчатой и игловатой формы до 10...12% должна включать в свой состав бункер-питатель, две параллельно работающие дробилки (специальную конусную и ударного действия) и виброгрохот (см. рис. 29.3, б).

При уменьшении зерен пластинчатой и игловатой (лещадной) формы в готовой продукции до 5...7% можно рекомендовать схему дробильно-сортировочной установки с использованием последовательно работающих специальной конусной и ударной дробилок (см. рис. 29.3, в).

29.2. Генеральный план камнедробильного завода

Выбор места и разработка генерального плана камнедробильного завода проводится с учетом климата, рельефа местности, близости к карьерам и других условий (рис. 29.4).

Отделения КДЗ с повышенным выделением пыли следует размещать с подветренной стороны по отношению к зданиям и помещениям, в которых работают люди.

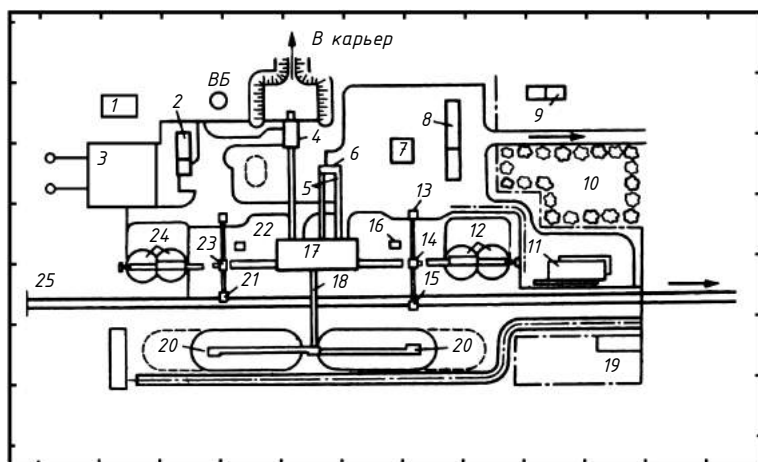


Рис. 29.4. Генеральный план гравийно-песчаного КДЗ с отдельной выдачей гравия и песка:

- 1 — пожарный сарай; 2 — котельная, душ и гардероб;
 3 — склад топлива, масла, бензозаправочные колонки; 4 — отделение первичного дробления; 5 — транспортер; 6, 14, 15, 23 — перегрузочные узлы;
 7 — лаборатория; 8 — контора и диспетчерская;
 9 — туалет; 10 — площадка отдыха; 11 — РММ; 12 — склад щебня;
 13 — погрузочный бункер для автомобилей; 16, 22 — пульт управления;
 17 — отделение вторичного дробления, промывки, сортировки;
 18 — транспортер; 19 — охрана; 20 — склад песка; 21 — узел погрузки на железнодорожные платформы; 24 — склад гравия; 25 — железнодорожный тупик

Место размещения завода определяют с учетом перспективной деятельности КДЗ, а также возможности его расширения и увеличения мощности. Отделения и цехи КДЗ размещают в соответствии с принятой технологией работы, санитарными и противопожарными нормами. Пожарные участки технологических линий КДЗ оборудуют средствами пожаротушения по согласованию с местной пожарной инспекцией. Расстояние между зданиями и сооружениями КДЗ должно соответствовать противопожарным нормам, безопасности передвижения людей по территории завода. Площадка завода должна быть с небольшим уклоном, обеспечивающим сток ливневых и сточных вод.

Уровень основных технических решений вновь строящихся КДЗ должен базироваться на современных технологических схемах переработки и обогащения каменных материалов в зависимости от длительности пребывания завода на одном месте.

29.3. Переработка гравийно-песчаных материалов

Гравийно-песчаный материал — это рыхлая обломочная горная порода, получившаяся в результате разрушения метаморфических, магматических и осадочных горных пород. Процесс переработки гравийно-песчаного материала в целях получения готовой продукции (щебня, гравия, песка), отвечающей требованиям стандартов, зависит от петрографического состава исходного материала, содержания глины, пылеватых частиц, требуемого ассортимента готовой продукции и др.

Технологическая схема гравийно-сортировочных заводов включает следующие операции: сортировку, промывку, классификацию и обогащение песка, обогащение щебня и гравия по прочности и форме зерна (рис. 29.5).

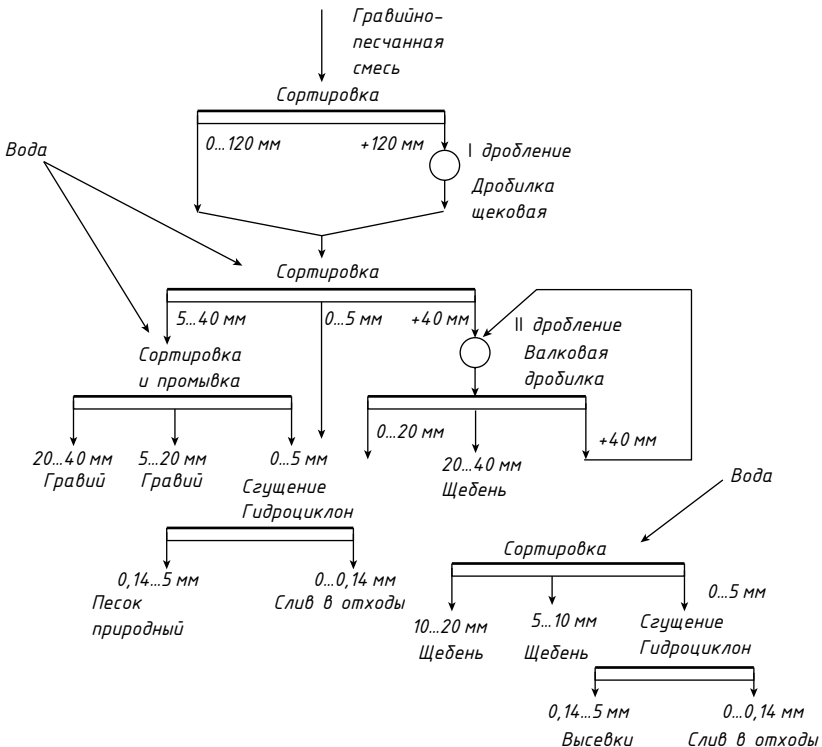


Рис. 29.5. Технологическая схема переработки гравийно-песчаной смеси

По промываемости загрязняющих примесей исходную гравийно-песчаную массу можно разделить на две категории: легкопромываемую и труднопромываемую. Легкопромываемой называют смесь, которую промывают на вибрационных грохотах посредством мокрой сортировки, а для промывки труднопромываемой смеси в технологической схеме необходимо предусмотреть специальные промывочные машины. При большом количестве гравийно-песчаной смеси, гальки и валунов в технологическую схему переработки гравийно-песчаного материала включают операции дробления.

29.4. Приготовление дробленого песка

Для строительных работ используют дробленый песок, приготовленный из скальных горных пород и гравия с использованием специального дробильно-сортировочного оборудования; дробленый песок из отсева продуктов дробления горных пород при производстве щебня. Эти пески с улучшенным зерновым составом получают при использовании специального обогатительного оборудования и поставляют без разделения по размерам.

Применяемые для производства дробленых песков изверженные и метаморфические горные породы имеют предел прочности не менее 60 МПа. При приготовлении песка из продуктов дробления неоднородных плотных осадочных и метаморфических пород возможно применение только отсевов, получаемых после второй и последующих стадий дробления.

Массовая доля зерен крупнее 5 мм не должна превышать 10%, пылевидных частиц, определяемых отмучиванием, — не более 1...2%, глины в комках — не более 0,10...0,20%. Дробленый песок применяют в беспесчаных районах и в качестве добавки при приготовлении цементно- и асфальтобетонных смесей.

Измельчение исходного материала осуществляют мокрым или сухим способом. Сухой способ эффективен при переработке горных пород, не содержащих глины. Измельчение производят в стержневых мельницах (рис. 29.6).

Пески, полученные измельчением в стержневых мельницах, относят к средним или крупным. Если необходим сортовой песок, его готовят по схемам, аналогичным для песчано-гравийных заводов.

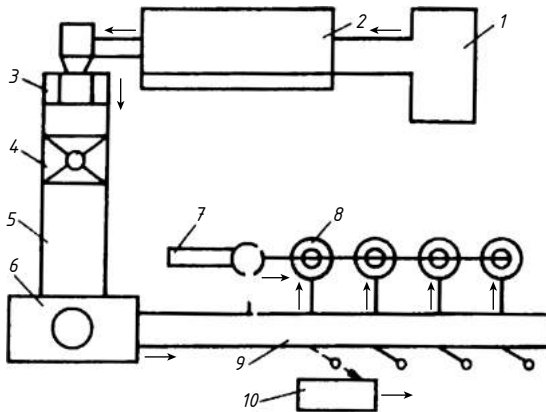


Рис. 29.6. Технологическая схема одностадийного приготовления дробленого песка:

1 — подача сырья; 2 — стержневая мельница; 3 — грохот; 4 — бункер; 5 — транспортер; 6 — компрессор; 7 — силовая установка; 8 — силосы для песка; 9 — аэрожелоб; 10 — автомобиль-самосвал

29.5. Производство минерального порошка для асфальтобетона

Минеральный порошок — материал тонкого помола, приготовленный измельчением известняков, доломитов, доломитезированных известняков и других карбонатных пород, удовлетворяющих требованиям ГОСТа.

В настоящее время получает распространение активированный минеральный порошок, обработанный в процессе приготовления поверхностно-активными веществами в смеси с битумом. Активированные минеральные порошки лучше смачиваются битумом и не смачиваются водой, обладают пониженной пористостью и битумоемкостью.

Технологический процесс производства минерального порошка может осуществляться в цехах асфальтобетонного завода или на специализированных заводах и базах.

В целях повышения качества минерального порошка целесообразно использовать специальные стационарные заводы. Минеральный порошок, приготовленный на специализированном заводе, более высокого качества за счет использования совершенного высокопроизводительного оборудования, строгого выполнения технологического процесса, возможности автоматизации процесса производства.

В состав завода входят цеха: дробильный, сортировочный, сушки, помольный. При приготовлении активированного порошка создают цеха: битумный, приготовления добавок, смесительный и склад готовой продукции.

Технология приготовления активированного минерального порошка включает следующие операции (рис. 29.7):

- просушивание минеральных материалов в сушильных барабанах;
- нагрев битума и ПАВ до рабочих температур;
- дозирование просушенного материала и активирующей смеси;
- перемешивание минерального материала с активирующей смесью в смесителях любого типа (предпочтительно принудительного действия);
- подачу минерального материала, объединенного с активирующей смесью, в помольную установку;
- измельчение минерального материала до требуемой тонкости помола;
- подачу готового активированного минерального порошка в накопительные бункера или на склад.

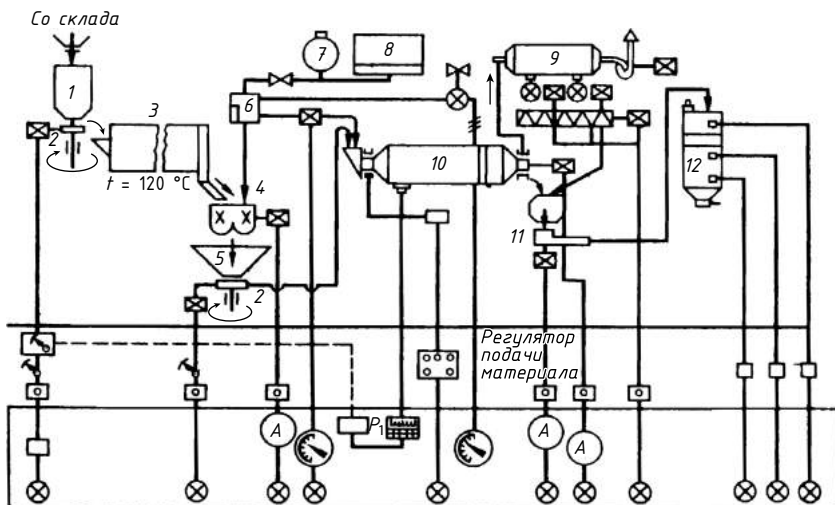


Рис. 29.7. Схема автоматизированного производства минерального порошка: 1 — расходный бункер; 2 — тарельчатый питатель; 3 — сушильный барабан; 4 — лопастный смеситель; 5 — сборный бункер; 6 — дозатор; 7 — емкость для ПАВ; 8 — установка для обезвоживания и нагрева битума; 9 — сепаратор и обеспыливающая установка; 10 — шаровая мельница; 11 — винтовой пневматический насос; 12 — накопительный бункер готовой продукции

При массовом производстве минерального порошка на заводах большой мощности целесообразно применение автоматизации. На автоматизированных предприятиях приготовление минерального порошка из известкового щебня осуществляет оператор с пульта управления.

Минеральный порошок удовлетворяет требованиям ГОСТа, если частиц мельче 0,071 мм более 80%.

29.6. Технологические процессы обогащения и улучшения каменных материалов

Современные процессы обогащения и улучшения каменных материалов разделяются на следующие основные виды: промывка, гидравлическая классификация, обогащение щебня по форме зерен, обоживание, обогащение щебня и гравия по прочности, обогащение щебня в тяжелых средах.

Промывка. Для повышения качества щебня в технологические схемы КДЗ включают промывку материала в две-три стадии. В месторождениях изверженных и метаморфических пород глинистые включения отсутствуют, поэтому в технологических операциях переработки таких пород промывку предусматривают только при значительном содержании пылеватых частиц.

В месторождениях осадочных пород и гравийно-песчаном материале практически всегда присутствует глина и пылеватые частицы, содержание которых превышает допустимые пределы.

Процесс промывки основан на способности глины разрушаться в водной среде, в результате чего она может быть отделена от сырья и удалена в слив. Погруженная в воду глина впитывает в себя влагу, ее поверхностные слои набухают и становятся рыхлыми. При интенсивном трении всей горной массы в промывочной машине эти слои непрерывно удаляются. Свежеобнаженные поверхности зерен вновь подвергаются воздействию воды.

Качественную оценку промываемости материала проверяют показателем промываемости, определяющим количество энергии, затраченной на промывку единицы материала (удельного расхода энергии):

$$\mathfrak{E}_{\text{уд}} = \frac{N}{\Pi},$$

где N — мощность, необходимая для промывки материала, кВт; Π — производительность машины, т/ч.

В зависимости от удельного расхода энергии для промывки того или иного материала можно выбрать тип промывочной машины. Легкопромываемые материалы, на промывку которых расходуется мало энергии, могут быть промыты на плоских виброгрохотах с брызгалами. Для труднопромываемых материалов необходимы сложные промывочные машины с интенсивным воздействием: гравиемойки — сортировки, грохоты, вибрационные вибромойки и вибрационные плоские грохоты; корытные наклонные и горизонтальные мойки.

Увеличение расхода воды и ее температуры повышает эффективность промывки до известного предела. При внесении в воду электролитов происходит полный обмен катионов магния и кальция, в результате чего уменьшаются силы сцепления частиц. Глина становится пористой, менее водостойкой, легче диспергируется в воде. При расходе электролита до 1% в расчете на сухую массу глины время размыва сокращается примерно в 1,5...2 раза.

Гидравлическая классификация. Процесс разделения зерен в жидкости по скоростям их падения осуществляют в классификаторах. Крупность материала, подвергаемого гидравлической классификации, не превышает 5 мм. Классификация происходит в вертикальных и горизонтальных струях воды. Кроме гидравлических и механических применяют спиральные классификаторы, представляющие собой короб, основной рабочей частью которого является спиральное устройство. При вращении спирали песок, поступающий вместе с водой, взмучивается, слив, содержащий мелкие частицы, отводится в нижнюю часть короба через сливной порог, а крупные частицы отправляются спиралью к верхнему загрузочному окну. Спиральные классификаторы отличаются простотой, большой производительностью и эффективностью.

Гидравлические классификаторы относят к группе гравитационных аппаратов, в которых вода служит средой, разделяющей зернистый материал на сорта по крупности. Применяют горизонтальные и вертикальные классификаторы.

Процесс гидроклассификации осуществляется по схеме, представленной на рис. 29.8. Песчано-графийную смесь подают в классификатор через нижний патрубок 6, затем она, пройдя диффузор 3, поступает в обогатительную камеру 2, площадь сечения которой намного больше площади верхнего сечения диффузора. Скорость восходящего потока смеси здесь значительно уменьшается, что влечет за собой выпадение наиболее крупных частиц, которые попадают из обогатительной камеры 2 в классификационную 4, которая расположена между диффузором 3 и внешней оболочкой аппарата. В нижнюю часть камеры 4

подают из водонапорной башни чистую воду под напором через патрубок 5. Вода образует в камере восходящий поток, в котором материал разделяется по заданному граничному зерну.

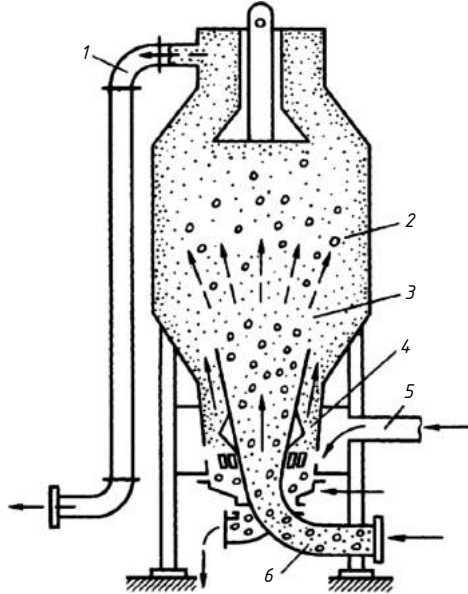


Рис. 29.8. Схема промывки и классификации песчано-гравийной смеси в вертикальном гидрокласификаторе

Частицы песка, скорость падения которых меньше скорости восходящего потока, через верхний сливной коллектор по трубе 1 отводятся в шлам, а крупный материал, выпавший из классификационной камеры 4, обезвоживается и транспортируется в склад. Материал разделяется на два размера по одному граничному зерну. Граница раздела — в пределах от 0,5 до 3 мм.

Обогащение щебня по форме зерен. Щебень кубовидной формы получают в виброгрохотах со щелевидными ситами, грануляцией щебня в роторных дробилках ударного действия и в барабанных грануляторах (рис. 29.9).

Стандарты на щебень из естественного камня для строительных работ ограничивают в нем массовую долю пластинчатых и игольчатых зерен до 25%, а в некоторых случаях и до 15%. К зернам пластинчатой игольчатой формы относят также зерна, толщина или ширина которых менее длины в 3 раза и более.

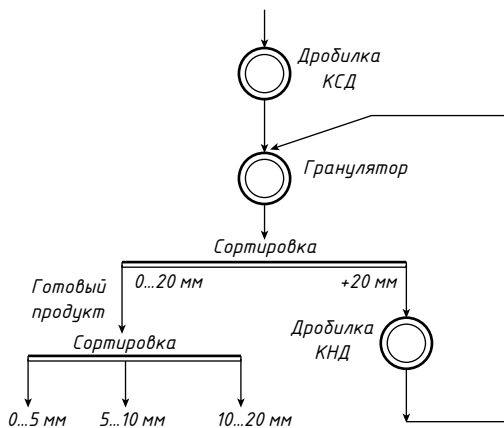


Рис. 29.9. Схема обогащения щебня по форме зерен в барабанном грануляторе

Способ обогащения по форме зерен состоит в следующем. Продукт дробления рассеивают на узкие сорта, которые подвергают сортировке на шелевидных ситах.

Обогащение на барабанных грануляторах состоит в том, что при вращении барабана продукт крупностью до 150 мм захватывается лифтерами типа лопасти и поднимается вверх. Не достигая верхней точки барабана, куски скатываются с лифтера и падают на находящийся внизу слой материала. Кроме того, при вращении барабана материал в верхних слоях перекачивается. При падении кусков и перекачивании тонкие лещадные зерна размельчаются, разламываются, острые края обламываются, в результате чего улучшается форма щебня.

Обезвоживание. Гравий и щебень в основном обезвоживаются на виброгрохотах, а песок — в спиральных классификаторах.

Производство гравия, щебня и песка состоит в последовательном выполнении приведенных операций, составляющих технологический процесс получения нерудных строительных материалов. Выпуск продукции заданного ассортимента обеспечивают путем включения в технологическую схему КДЗ операций сортировки, классификации, дробления, промывки и обогащения. Для выбора технологической схемы переработки необходимо иметь исходные данные.

Обогащение щебня и гравия по прочности. Прочность щебня характеризуют маркой, соответствующей пределу прочности исходной горной породы при сжатии в насыщенном водой состоянии и определяемой

по дробимости щебня при сжатии (раздавливании) в цилиндре. Кроме того, щебень, предназначенный для строительства автомобильных дорог, характеризуется износом в полочном барабане.

Обогащение по прочности осуществляют в отсадочных машинах, механических классификаторах, в тяжелых средах. Наибольшее распространение получили первые два способа.

Минеральные зерна различной прочности имеют и различную плотность. Процесс разделения таких зерен в попеременно восходящем потоке воды называют отсадкой и осуществляют в отсадочных машинах (рис. 29.10).

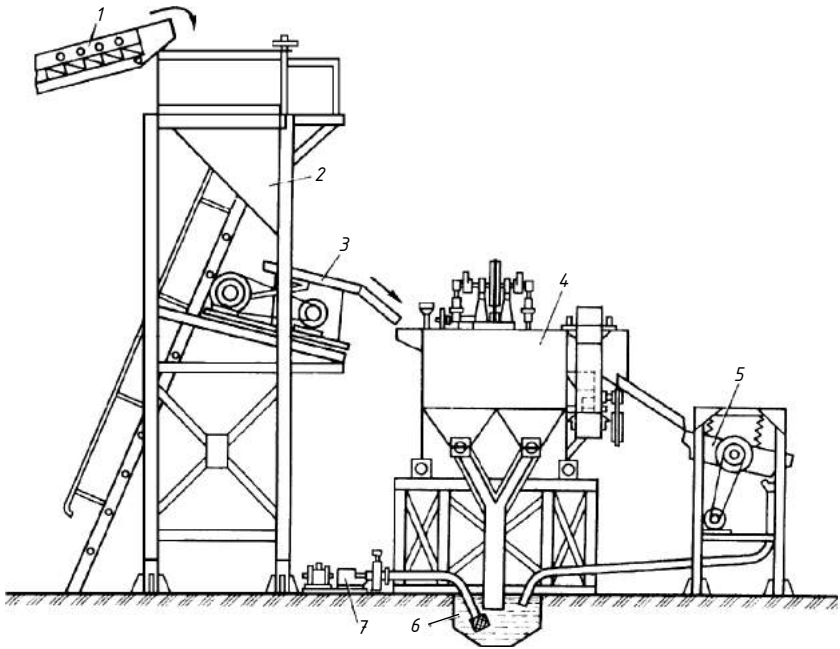


Рис. 29.10. Схема обогащения щебня (гравия) в отсадочной машине:
1 — ленточный конвейер для подачи материала в бункер; 2 — бункер материала; 3 — лотковый качающийся питатель для загрузки отсадочной машины; 4 — отсадочная машина; 5 — обезвоживающий вибрационный грохот; 6 — приямок для сбора мелких частиц и песка; 7 — насос

Механизм разделения зерен по плотности в отсадочных машинах весьма сложен, и его результаты зависят от многих факторов (частоты и амплитуды пульсации, формы зерен, толщины слоя, разности плотностей, разделяемых материалов).

Расслоение материала в отсадочных машинах происходит в условиях стесненного падения зерен. При отсадке смеси зерна различных плотностей разрыхляются при восходящем потоке. При нисходящем потоке воды происходит взаимное смещение зерен с различными плотностями. Продукт, соответствующий государственному стандарту, можно получить, если количество обогащаемого материала с содержанием слабых зерен не превышает 35%.

Обогащение щебня или гравия, состоящих из смеси разнопрочных каменных материалов или содержащих большое количество слабых зерен, целесообразно производить с помощью двухбарабанных механических классификаторов СоюздорНИИ.

Схема двухбарабанного механического классификатора приведена на рис. 29.11.

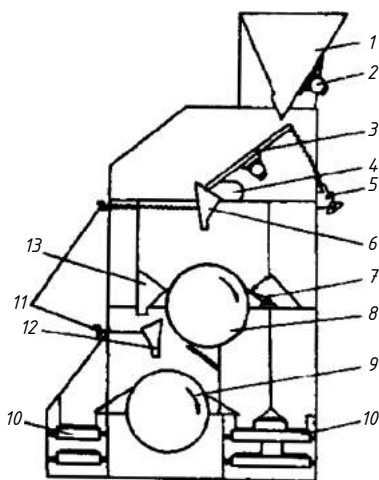


Рис. 29.11. Схема двухбарабанного механического классификатора ДКБ-20:

- 1 — питающие накопительные бункеры (2 шт.); 2 — вибратор;
- 3 — виброблоки-питатели (2 шт.); 4 — механизм регулировки лотка;
- 5 — рессоры; 6 — подвижная распределительная направляющая воронка;
- 7 — перекидная заслонка; 8, 9 — верхний и нижний распределительные барабаны; 10 — транспортеры для продуктов обогащения; 11 — механизм изменения углов настройки; 12, 13 — подвижная и неподвижная воронки

Обогащение разнопрочного каменного материала в классификаторе основано на разнице упругих свойств и коэффициентов трения слабых и прочных зерен щебня. При ударе о поверхность вращающегося металлического барабана слабые зерна увлекаются в сторону вращения, а более прочные отскакивают в противоположную сторону.

29.7. Охрана труда и окружающей природной среды

Мероприятия по охране труда. Рабочие места должны быть безопасны для производства работ, пребывания людей и их перемещения.

В технологических процессах, связанных с дроблением, сортировкой и транспортированием пылящих материалов, следует предусмотреть наибольшую механизацию и автоматизацию переработки и транспортирования материалов, увлажнение перерабатываемого материала, когда это возможно по условиям эксплуатации машин и технологии производства.

На движущихся частях машин должны быть предусмотрены ограждения, козырьки и решетки у приемного отверстия дробилок. Для перехода через ленточные транспортеры необходимо устраивать мостики с перилами.

Опасные зоны должны быть ограждены соответствующими знаками и предупредительными надписями, освещенными в ночное время. Перед пуском машин должны подаваться звуковые или световые сигналы.

Работа технологического оборудования КДЗ сопровождается шумом от работ дробилок, грохотов, течек для материалов. Одно из технически возможных средств снижения шума — автоматизация производственных процессов. Для устранения шума целесообразно использование на машинах и оборудовании кожухов со звукоизолирующей оклейкой их листовой резиной, войлоком, картоном и др. В перегрузочных узлах и течках шум можно значительно уменьшить покрытием их звукоизолирующим материалом, устройством резиновых подушек в местах падения материалов.

Пылеулавливание на камнедробильных заводах. На специализированных КДЗ пылеобразование происходит в процессе дробления и сортировки каменных материалов при их перегрузке с транспортера на транспортер.

Наибольшее пылеобразование происходит при дроблении кислых пород. Концентрация пыли зависит также от вида дробилки и режима дробления.

Для очистки от пыли разработаны различные пылеулавливающие аппараты, имеющие различный принцип действия и разную эффективность обеспыливания.

В зависимости от физико-механических эффектов осаждения пыли эти аппараты подразделяются на следующие группы: пылеосадитель-

ные камеры; аспирационно-коагуляционные шахты; циклоны различного действия; тканевые, волокнистые и пористые фильтры; мокрые пылеуловители; электрофильтры.

Более высокая степень очистки достигается в циклонах, где для лучшего закручивания пылевого потока осуществляется спиральный и тангенциальный подвод потока.

Для повышения эффективности очистки больших объемов загрязненного воздуха используется объединение циклонов в группы по 2...14 элементов. Более эффективно также использование батарейных циклонов, которые объединяются в одном корпусе и работают параллельно, но имеют общие раздающие и собирающие камеры.

Пылеосадительные камеры используются для предварительного обеспыливания при высокой концентрации пыли и являются аппаратами грубой очистки с эффективностью обеспыливания от 5 до 90%. Электрофильтры, рукавные фильтры, турбулентные скоростные пылеуловители, ротоклоны — аппараты окончательного обеспыливания, тонкой очистки. Эффективность их применения — 90...99,9%.

Для обеспыливания каменных материалов на КДЗ эффективно применяется высокократная воздушно-механическая пена, получаемая пеногенераторами с помощью ПАВ. Пена вводится вместе с каменными материалами в дробилки, на грохоты и конвейеры.

ГЛАВА 30. БИТУМНЫЕ И ЭМУЛЬСИОННЫЕ БАЗЫ

30.1. Назначение и размещение баз и складов

При строительстве автомобильных дорог необходимые органические вяжущие материалы доставляют железнодорожным или автомобильным транспортом от заводов-изготовителей до дорожных организаций-потребителей. Для вяжущих материалов организуют базы и склады, предназначенные для их хранения и подготовки к использованию.

Битумные и эмульсионные базы или цеха в составе АБЗ могут быть организованы как временные предприятия с мобильным комплектом оборудования или как стационарные районные предприятия с обслуживанием всех категорий дорожных организаций, находящихся в зоне (радиусе их действия). При расположении базы (цеха) в составе АБЗ вспомогательные отделения (лаборатория, ремонтно-механическая мастерская, бытовые помещения и др.) могут быть общими.

По продолжительности работы на одном месте базы и склады подразделяются на постоянные (стационарные) и временные (инвентарные); в зависимости от места расположения — на приобъектные (притрассовые), прирельсовые (при доставке битума железнодорожным транспортом), приречные (при доставке его водным путем по рекам).

Как правило, прирельсовые (приречные) битумные базы служат перевалочным пунктом для поступающего битума с последующей его выдачей на притрассовые базы или АБЗ.

Стационарные базы оснащают более производительным оборудованием и сооружениями капитального типа. Оборудование и сооружения притрассовых баз обычно монтируют из инвентарных агрегатов и оборудования передвижного типа.

В генеральном плане решают вопросы размещения всех устройств базы и определяют расположение приемных устройств, битумохранилищ, битумоплавильных и насосных установок, битумных и других коммуникаций и сетей электроснабжения, складов топлива и масел, поверхностно-активных веществ и разжижителей, парокотельной, ремонтно-механического отделения, лаборатории, административных зданий, а также проездов и подъездных путей (рис. 30.1).

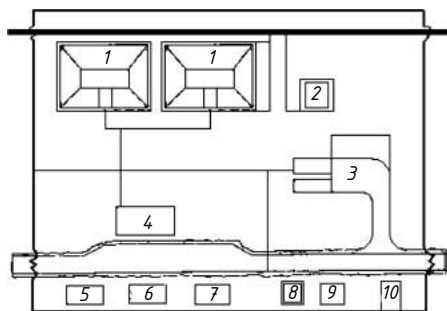


Рис. 30.1. План-схема битумной базы:

1 — секции битумохранилища вместимостью по 500 т; 2 — пожарный резервуар; 3 — емкости для поверхностно-активных добавок, топлива; 4 — битумоплавильная установка; 5 — трансформаторная подстанция; 6 — контора-лаборатория; 7 — бытовые помещения; 8 — материально-технический склад; 9 — ремонтно-механическая мастерская; 10 — туалет

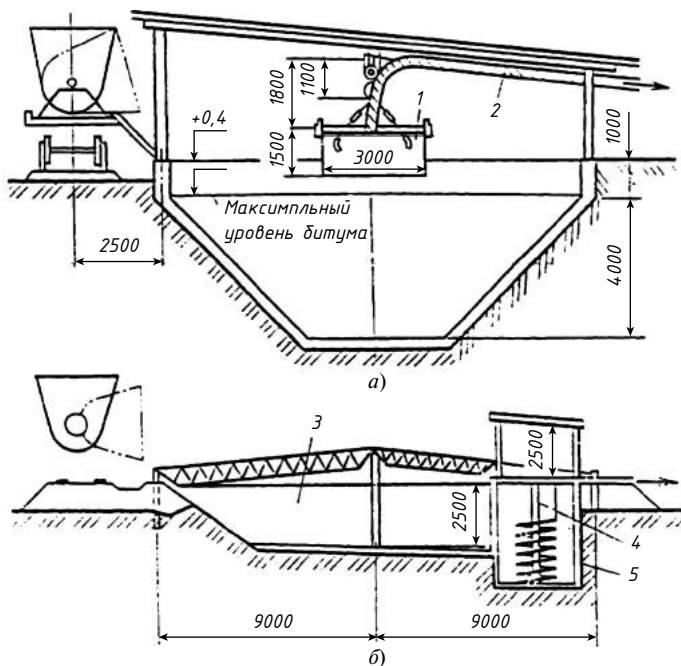


Рис. 30.2. Склады закрытых битумохранилищ ямного типа:

a — с приемком, расположенным в центре битумохранилища; *б* — с приемком, расположенным сбоку битумохранилища; 1 — паровой регистр; 2 — битумопровод для забора разогретого битума; 3 — битумохранилище; 4 — битумный насос; 5 — приемком с паровым змеевиком

При размещении оборудования, производственных и хозяйственных сооружений необходимо обеспечить соблюдение правил техники безопасности, противопожарные разрывы и рациональное выполнение всего технологического процесса.

По положению резервуара относительно поверхности земли битумохранилища подразделяются на наземные, полуямные и ямные (рис. 30.2). Разгрузка в них битума осуществляется путем наклона (опрокидывания) бункеров-полувагонов.

Недостатки хранения битума в битумохранилищах ямного типа заключаются в значительных затратах энергии на разогрев битума, а также в его обводнении и загрязнении, поэтому наметилась тенденция к заметному снижению их количества.

30.2. Технологические процессы подготовки органических вяжущих

В последнее время за рубежом и в России для доставки битума все большее распространение получает автомобильный транспорт — битумовозы. Из них битум подается в металлические резервуары с жидкостным или электрическим обогревом.

Для нагрева битума до рабочей температуры, поддержания ее в расходных емкостях, обогрева битумо- и топливопроводов применяют специальные теплообменные устройства, которые можно классифицировать по видам теплоносителей: с паровым нагревом (дымовыми газами); с косвенным жидкостным нагревом («прямым огнем» нагревается промежуточный жидкий теплоноситель); с электрическим обогревом.

При прямом обогреве применяют жаровые трубы, нагреваемые горячими газами, которые образуются при сжигании жидкого или газообразного топлива, либо различные электронагреватели. При косвенном обогреве применяют промежуточный теплоноситель, в качестве которого обычно используют водяной пар и в незначительном количестве минеральные масла. Прямой разогрев вяжущего наиболее прост с точки зрения переноса тепла, но не всегда экономичен и часто уступает косвенному.

Дымовые газы позволяют осуществлять теплопередачу при высоких температурах без их термического разложения. Однако как теплоносители прямого обогрева они имеют ряд недостатков: высокая темпера-

тура стенок теплопередающих устройств, вследствие чего ухудшается качество битума; неравномерность обогрева; трудность регулирования температуры; относительно низкая интенсивность теплообмена и пожароопасность; сравнительно высокое содержание кислорода (вследствие необходимости разбавления их воздухом для снижения температуры), что приводит к окислению теплоотдающей поверхности нагрева.

Водяной пар имеет высокий коэффициент теплоотдачи при конденсации и обеспечивает нагрев битума без коксования и изменения его качества. Кроме того, он не пожароопасен. При использовании водяного пара как теплоносителя необходимо применение систем высокого давления. Установки и системы с давлением пара 1,5 МПа и более требуют больших капиталовложений и сложны в эксплуатации, поэтому на асфальтобетонных заводах используют паробразователи с меньшим давлением (около 0,7 МПа) и температурой 169 °С.

Электроэнергия. Использование этого источника тепла позволяет выполнять нагрев практически при любых заданных температурах. Имеется возможность автоматизировать процесс разогрева и улучшить условия труда. Однако наряду с очевидными, казалось бы, преимуществами электрический разогрев обладает целым рядом существенных недостатков, которые препятствуют его широкому применению. В первую очередь это нестабильность заданной рабочей температуры (при постоянно падающем напряжении), которая зависит от условия теплоотдачи, а также необходимость применения сложных автоматических систем для ее стабилизации. При отсутствии автоматических систем стабилизации температуры не гарантируется качество битума и других технологических условий, а также пожарная безопасность. С учетом стоимости электроэнергии и того, что КПД тепловых электростанций составляет всего 25...35%, широкое применение электрического разогрева битума и других материалов на АБЗ экономически не всегда оправданно. В практике в отдельных случаях применяются битумные цистерны вертикального и горизонтального типа с электрическим разогревом и установки для нагрева жидких теплоносителей с электрическим нагревом теплоносителя.

Минеральные масла (компрессорное, цилиндрическое, трансформаторное) обеспечивают высокую температуру кипения при атмосферном давлении, что позволяет создавать весьма простые и надежные в эксплуатации нагревательные устройства, мягкий, равномерный и интенсивный нагрев, возможность тонкого регулирования температуры,

предотвращают опасность размораживания системы. При их применении один источник тепла может обслуживать несколько потребителей.

Существенным недостатком минеральных масел как теплоносителей является их более низкая термическая стойкость.

Высокотемпературные органические теплоносители (ВОТ) занимают особое место среди всех теплоносителей, так как обладают рядом преимуществ по сравнению с перечисленными выше традиционными теплоносителями.

Основными преимуществами ВОТ по сравнению с обычными теплоносителями являются: возможность получения оптимальных температурных режимов, не нарушающих качество битума; возможность использования любых видов топлива; высокая термическая стойкость при многократном нагревании.

В нашей стране в качестве жидких теплоносителей на АБЗ применяются в основном минеральные масла типа ИС-20, ИС-40, ИС-50 и специальные теплоносители, к которым относится ароматизированное масло АМТ-300.

Цистерны для хранения и нагрева битума. Битум доставляют на завод в железнодорожных обогреваемых цистернах. Необходимый запас битума хранят в специальных расходных резервуарах, которые можно классифицировать по их компоновке на резервуары горизонтального и вертикального типа, а также по вместимости битума в диапазоне от 50 до 200 т.

Необходимое количество резервуаров, устанавливаемых на заводе, и их суммарная емкость определяются расходом битума и условиями его поставки на завод. Для восполнения тепловых потерь в окружающую среду, а также для нагрева битума до требуемой рабочей температуры применяют специальные теплообменники, которые либо встраивают в расходные емкости, либо устанавливают отдельно и соединяют с обогреваемым оборудованием системой трубопроводов. Теплообменники можно использовать также для обогрева битумных коммуникаций и отдельных устройств смесительного оборудования — битумных дозаторов, смесителей.

Зарубежные фирмы выпускают множество теплообменников различных типов: паровые, огневые, электрические и комбинированные. Правильный режим нагрева битума, исключение его перегрева, вызывающего изменения химического состава и физических свойств битума, — неперемнное условие получения качественных битумо-минеральных смесей.

Прямой нагрев битума через жаровые тонкостенные трубы горячими газами, получаемыми при сгорании жидкого или газообразного топлива, обеспечивает быстрый нагрев вязущего до рабочей температуры, но является далеко не совершенным из-за опасности коксования вязущего на жаровых трубах.

Такую систему обогрева применяют многие зарубежные фирмы. Передвижные битумные цистерны емкостью до 25 м³ обычно бывают оборудованы термостатами для поддержания температуры битума в заданных пределах. При оголении жаровых труб форсунка выключается автоматически.

При электрообогреве значительно упрощается конструкция теплообменника, исключается необходимость в промежуточном теплоносителе, не нужны устройства для его разогрева. Однако системам с электрообогревом свойственны многие недостатки нагревателя: нагрев битума жесткий, возможность коксования практически остается. По технике безопасности, долговечности и в пожарном отношении электронагреватели уступают теплообменникам других типов.

Битумные насосы. Для перекачивания по трубам битума, мазута на асфальтобетонных заводах применяются шестеренчатые насосы. Наиболее распространены насосы с внешним зацеплением шестерен как надежные и простые в конструкции и в эксплуатации. Битумные насосы применяются для перекачивания битума из битумных цистерн в дозирующие устройства асфальтосмесительного оборудования.

Производительность битумных насосов должна быть согласована с производительностью дозирующих устройств смесительного оборудования, а при перекачке битума — удовлетворять требованиям по производительности, предъявляемым при разгрузке железнодорожных цистерн, загрузке битумовозов и автогудронаторов.

30.3. Эмульсионные базы и цеха. Технология производства битумных эмульсий

Эмульсионная база — смонтированный комплекс технологического, энергетического и вспомогательного оборудования, предназначенного для выполнения операций по приготовлению битумных эмульсий. Базы для эмульсий могут быть постоянного (стационарные) и временного типа (притрассовые). Стационарные предприятия могут обслуживать строительство нескольких автомобильных дорог в пределах географического района, административной области или дорожно-

эксплуатационных служб. Для доставки эмульсий с этих предприятий используют железнодорожный транспорт, автобитумовозы, автогудронаторы.

Разновидностью эмульсионных баз являются передвижные предприятия временного типа, перебазировка которых осуществляется в короткие сроки.

В ряде случаев целесообразна организация эмульсионного цеха в составе битумной базы или асфальтобетонного завода. Создание цехов на АБЗ и битумных базах позволяет использовать имеющееся оборудование и вспомогательные помещения.

Эмульсионная база должна включать в свой состав узлы и отделения основного и вспомогательного назначения (рис. 30.3).

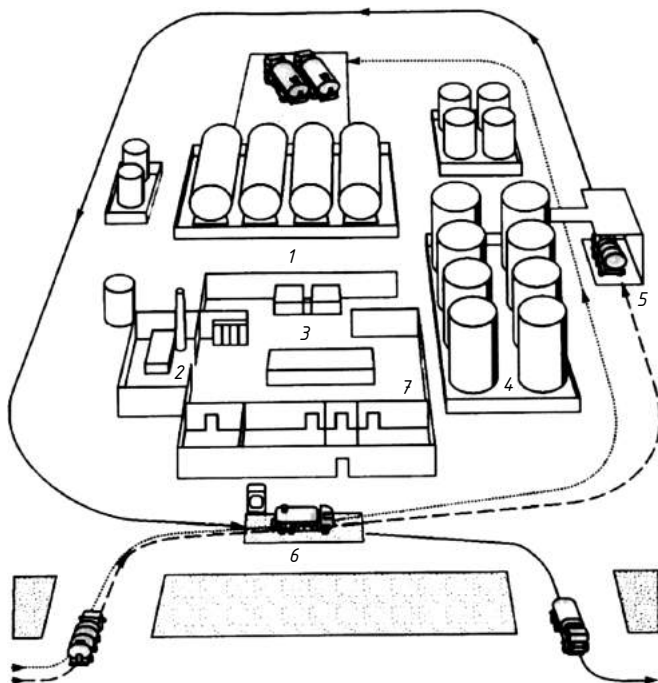


Рис. 30.3. Генплан эмульсионной базы:

- 1 — установка для приема и складирования исходных материалов;
- 2 — источники подачи тепла для поддержания или регулирования температуры использования исходных материалов, системы трубопроводов, приборов производства, насосов и приготовленных эмульсий;
- 3 — эмульсионная установка;
- 4 — емкости для хранения эмульсий;
- 5 — установка для переливания эмульсий в цистерны;
- 6 — устройство взвешивания поставляемых продуктов;
- 7 — пункт управления и контроля качества приготовления эмульсий

Технология производства битумных эмульсий. Битумные эмульсии представляют собой дисперсные системы, состоящие в основном из битума и воды, в которых одна из жидкостей распределена в виде мелких капель в другой жидкости. Дробление (диспергирование) битума в воде производят, как правило, в механизмах типа коллоидных мельниц, называемых гомогенизаторами или диспергаторами.

Независимо от конструкции аппарата этот процесс состоит в следующем: сначала битум дробится на отдельные капли. Большие сферические капли в силовом потоке деформируются в цилиндрики. При определенном соотношении длины и диаметра цилиндрика битума он самопроизвольно распадается на большую и малую капли. Процесс повторяется до тех пор, пока большая капля не станет равна малой (0,01 мкм).

Системе необходимо придать агрегатную устойчивость, т.е. устойчивость против слипания капель. Это достигается введением в систему третьего компонента (эмульгатора) в виде поверхностно-активного вещества, концентрирующегося на поверхности раздела фаз (битума и воды). Молекулы эмульгатора, адсорбируясь на поверхности раздела капелек битума, образуют защитные слои вокруг них и предотвращают слипание.

Для придания защитным слоям структурно-механической прочности необходимо, чтобы водородный показатель (рН) водной фазы был в определенных пределах. Для этих целей при приготовлении катионных битумных эмульсий используют соляную кислоту.

Таким образом, на внешней поверхности капелек диспергированного битума образуется стабилизирующий слой эмульгатора, препятствующий слипанию капелек, расслоению и разрушению (распаду эмульсий).

В настоящее время в России и за рубежом предпочтение отдается катионным битумным эмульсиям. Принципиальная схема производства битумных эмульсий показана на рис. 30.4.

Технологический процесс производства катионных битумных эмульсий включает выполнение следующих технологических операций:

- подготовка битума, включая его подачу из мест хранения, нагрев до рабочей температуры и в случае необходимости обезвоживание;
- приготовление водного раствора эмульгатора, включая подачу из мест хранения и дозировку воды, эмульгатора, соляной кислоты, их перемешивание и нагрев;
- приготовление эмульсии путем смешивания битума и водного раствора эмульгатора;

- хранение битумной эмульсии и ее погрузка в транспортные средства;
- производство тепловой энергии для нагрева и поддержания рабочей температуры битума и водного раствора эмульгатора.

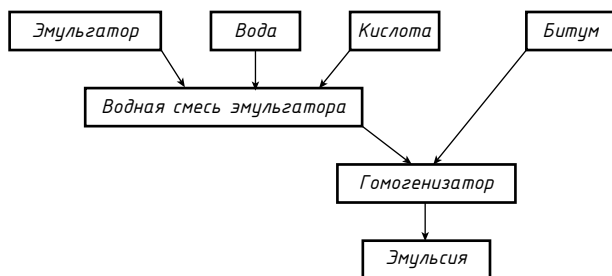


Рис. 30.4. Схема производства катионных битумных эмульсий

Хранение и транспортирование эмульсий. Эмульсия, являющаяся холодным продуктом, может находиться на хранении в течение нескольких месяцев при температуре воздуха не ниже 0 °С. Гарантийный срок хранения эмульсий классов ЭБА-1, ЭБА-2, ЭБК-1, ЭБК-2 — 1 мес. со дня приготовления, эмульсий классов ЭБА-3 и ЭБК-3 — 2 мес. со дня приготовления.

При длительном хранении (в течение двух недель и более) допускается небольшое расслоение эмульсии без изменения концентрации битума по высоте емкости без образования неразмешиваемых комков и сгустков. Длительно хранившуюся эмульсию перед использованием необходимо тщательно перемешивать.

Эмульсии можно складировать на месте их производства и на месте применения. В обоих случаях лучшим способом является хранение в вертикальных цилиндрических емкостях.

Емкости для эмульсии должны быть чистыми, без остатков любых материалов. Перед наполнением их следует промыть горячей водой или обработать паром. Во избежание загрязнения битумной эмульсии, испарения из нее воды, а также попадания дождя емкости должны плотно закрываться.

Для транспортирования эмульсии могут быть использованы автогудронаторы, битумовозы, железнодорожные цистерны, цистерны вместимостью 1...2 т, смонтированные на грузовых автомобилях, металлические бочки вместимостью от 100 до 500 л. Перед загрузкой транспортных средств эмульсию пропускают через сетчатый фильтр с отверстиями размером 3 мм.

30.4. Установки для производства катионных битумных эмульсий

В России эксплуатируется несколько типов установок по производству катионных битумных эмульсий: АО «Завод Дормаш» (Россия) совместно с фирмой Building Machine Trade LTD (Венгрия); фирм Breining (Германия), Massenza (Италия) и др.

Независимо от конструктивных особенностей данные установки включают в себя совокупность узлов, обеспечивающих выполнение установленных регламентом технологических операций:

- блока подготовки битума в составе емкостей для его хранения, системы подогрева и обезвоживания, системы подачи битума в диспергатор;
- блока подготовки водного раствора эмульгатора в составе емкостей для хранения воды, эмульгатора, соляной кислоты, системы трубопроводов для подачи исходных компонентов в смесительные емкости, устройств для перемешивания компонентов;
- теплонагревательного блока;
- блока приготовления битумной эмульсии, включающего диспергатор, в котором происходит размельчение битума на частицы размером 0,01 мкм и перемешивание их с водным раствором эмульгатора, а также систему подающих и отводящих трубопроводов;
- блока хранения и подачи готовой продукции, включающего емкости для хранения эмульсии и систему трубопроводов, обеспечивающих подогрев и транспортировку эмульсии к месту выгрузки.

В состав эмульсионных установок фирмы Breining (Германия) и АО «Завод Дормаш» (Россия) входят (рис. 30.5 и 30.6):

- устройства для приготовления битума, включающие емкости для хранения битума 1, емкости и устройства для подогрева и обезвоживания битума 2;
- блок подготовки водного раствора эмульгатора. Исходные компоненты поступают из емкостей для хранения воды 7 или водопровода, из емкостей для хранения соляной кислоты 8 и емкостей для хранения эмульгатора 5, 6. Блок включает систему трубопроводов, обеспечивающих поступление компонентов в смесительные установки 14. Смесительные установки имеют объем 1...2 м³ и устройства для дозировки исходных компонентов 16, 17. Учитывая цикличность производства, устанавливают две емкости для приготовления водного раствора эмульгатора 14. Емкости снабжены системами перемешивания исходных компонентов: воздушный компрессор (12 — см. рис. 30.5) или систему механического перемешивания (12 — см. рис. 30.6);

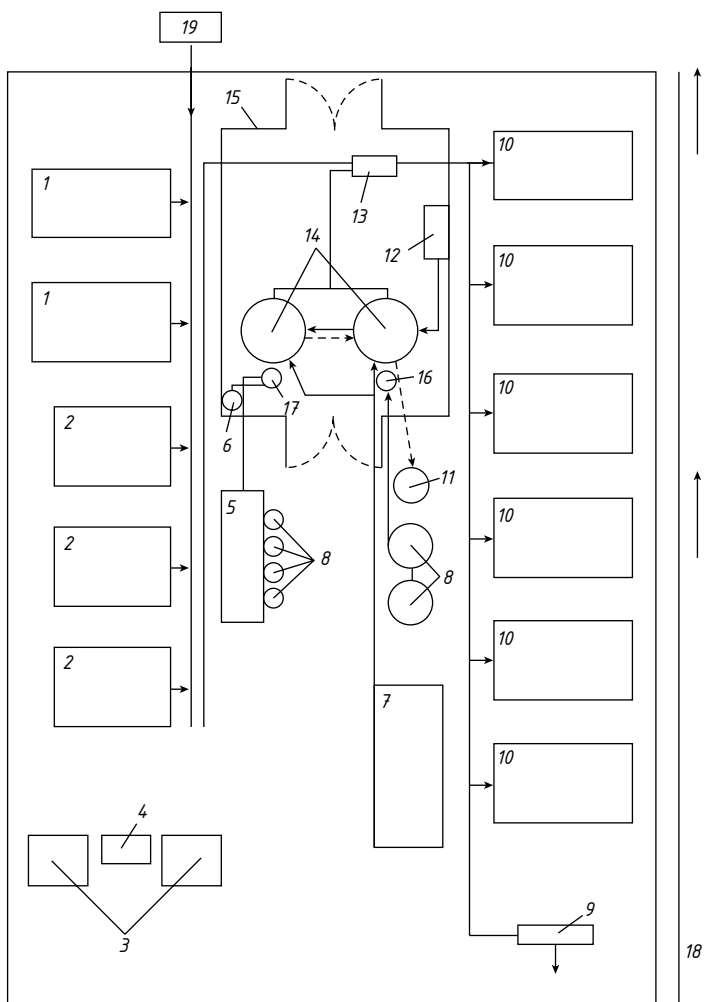


Рис. 30.5. План-схема установки по приготовлению катионных битумных эмульсий АО «Завод Дормаш» (Россия):

1 — емкости для хранения битума; 2 — устройства для подогрева и обезвоживания битума; 3, 4 — теплонагреватели; 5, 6 — емкости для хранения эмульгатора; 7 — емкость для хранения воды; 8 — емкости для хранения соляной кислоты; 9 — устройство для выдачи готовой продукции; 10 — емкости для хранения готовой продукции; 11 — бетонный отстойник для слива промывочных вод и остатков водного раствора эмульгатора; 12 — воздушный компрессор; 13 — диспергатор; 14 — емкости для приготовления водного раствора эмульгатора; 15 — цех; 16, 17 — устройства дозирования; 18 — водоотводной лоток; 19 — битумохранилище

— блок, включающий теплонагреватель и систему обогрева, имеет собственно теплонагреватель (3, 4), работающий на мазуте или дизельном топливе, и систему трубопроводов;

— блок приготовления катионной битумной эмульсии, включающий мельницу, в которой происходит размельчение битума и перемешивание его с водным раствором эмульгатора 13, а также трубу слива промывочных вод, неиспользованного раствора эмульгатора и остатков битумной эмульсии 20;

— блок хранения и выдачи готовой продукции 9, включающий набор емкостей объемом 50 м³.

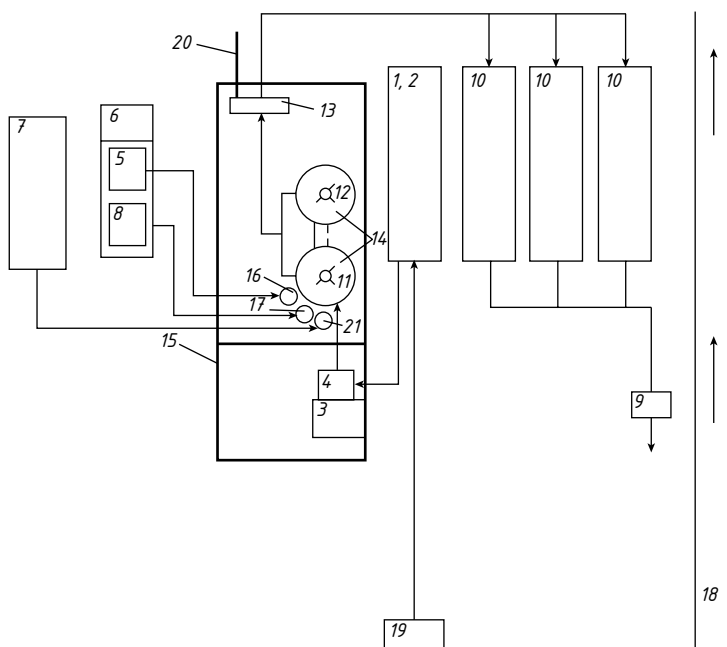


Рис. 30.6. План-схема установки по приготовлению катионных битумных эмульсий фирмы Breining (Германия):

1 — емкости для хранения битума; 2 — устройства для подогрева и обезвоживания битума; 3, 4 — теплонагреватели; 5, 6 — емкости для хранения эмульгатора; 7 — емкость для хранения воды; 8 — емкости для хранения соляной кислоты; 9 — устройство для выдачи готовой продукции; 10 — емкости для хранения готовой продукции; 11, 12 — система механического перемешивания; 13 — диспергатор; 14 — емкости для приготовления водного раствора эмульгатора; 15 — металлический контейнер; 16, 17, 21 — устройства дозирования; 18 — водоотвод; 19 — битумохранилище; 20 — труба слива промывочных вод, неиспользованного раствора эмульгатора и остатков битумной эмульсии

Ассоциацией «Асдор» (г. Москва) разработана эмульсионная установка мобильного типа для приготовления дорожных анионных и катионных битумных эмульсий производительностью 5 т/ч.

Установка встроена в универсальный контейнер, смонтированный на автомобильном шасси. В контейнере установки размещены:

- система подготовки и дозирования водного раствора эмульгатора, включающая теплоизолированную емкость (3 м^3) с электронагревом и циркуляционным насосом, а также узел хранения и дозирования кислоты;

- система дозирования битума, обеспечивающая подачу битума в диспергатор;

- система приготовления и хранения эмульсии, включающая диспергатор и емкость с электронагревом (5 м^3) для хранения и загрузки готовой эмульсии в гудронатор;

- система управления и контроля, обеспечивающая контроль за технологическими параметрами (температурой, расходом компонентов).

Установка монтируется на асфальтобетонных заводах. Для ее пуска необходимо обеспечить подводу битума из действующего битумного котла, подключение электроэнергии и воды.

30.5. Охрана труда при эксплуатации битумных и эмульсионных баз

Техника безопасности и охрана труда при эксплуатации битумных и эмульсионных баз. К работе на битумных эмульсионных базах и цехах допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, которые сдали техминимум по конструкции и безопасным методам работы на эмульсионных установках и имеют удостоверение на право управления соответствующими машинами, а также абсолютно здоровы. На рабочем месте должна быть аптечка с набором медикаментов и нейтрализующих веществ: питьевая сода, борная кислота, слабая уксусная кислота, спирт, лейкопластырь, вата, бинты.

При необходимости очистки или ремонта железнодорожной либо автомобильной цистерны спускаться внутрь цистерны могут только те рабочие, которые прошли специальные инструктаж, тренировку и сдали экзамен.

Если горловины котлов не закрыты герметически, необходимо для предотвращения вспенивания и вытекания битума производить его циркуляцию с помощью насоса и системы переключаемых кранов

в магистрали или оборудовать котлы исправными механическими мешалками.

Разжижать битум чистым бензином, керосином или лигроином разрешается только в емкостях, оборудованных пароподогревом и насосом; предварительный подогрев битума допускается до температуры не более 80 °С.

Битумоплавильные установки должны быть снабжены термоизмерителями для контроля степени нагрева битума, а для обеспечения безопасности рабочего при измерении температуры это измерение необходимо переводить на дистанционное и автоматическое.

При работе с битумными эмульсиями используются следующие индивидуальные средства защиты работающих: бумажные, хлопчатобумажные костюмы и комбинезоны, кожаные ботинки, комбинированные и брезентовые рукавицы, перчатки диэлектрические, защитные очки, каски и шлемы, предохранительные пояса и др.

Если эмульсию приготавливают в закрытом помещении, то его обеспечивают приточно-вытяжной вентиляцией. Эмульгатор, едкий натр и его раствор следует хранить в металлических баках, цистернах с плотно закрывающимися крышками. Соляную кислоту хранят в стеклянных бутылках только со стеклянными притертыми крышками.

Установка для приготовления эмульсий должна быть оснащена аварийными блокировками, исключающими опасные ситуации, а также сигнализацией, предупреждающей о достижении предельно допустимых значений параметров технологического процесса.

Для тушения битума следует использовать распыленную пену, воду. Развившиеся пожары разлитого продукта на большой площади можно локализовать мощными струями воды от лафетных стволов. При загорании небольшого количества продуктов целесообразно применять ручные огнетушители.

При работе с катионными ПАВ следует особенно оберегать кожу от загрязнения этими веществами. Попавшие на кожу водорастворимые ПАВ или их растворы следует смыть сильной струей воды с нейтральным мылом.

Соляную кислоту смывают сильной струей воды и на пострадавший участок накладывают примочку из 2%-ного содового раствора. Битум, попавший на кожу, смывают соляровым маслом, а затем делают примочку из этилового спирта.

В случае попадания эмульсии на одежду, лицо и руки следует быстро смыть ее холодной водой, а остатки битума — соляровым маслом и затем вымыть эти места теплой водой с мылом. Обратные эмульсии смывают бензином или керосином.

30.6. Экологическое обеспечение производства дорожных эмульсий

Производство дорожных битумных эмульсий сопровождается загрязнением окружающей природной среды, нарушением здоровья людей.

Основными причинами выбросов являются:

- технологические процессы, протекающие в эмульсионной установке (приготовление водного раствора эмульгатора, связанное с нагревом исходных компонентов и их перемешиванием, испарение, сбросы промышленных вод, неудачные конструкции установок, не препятствующие выбросам вредных веществ в воздух и почву);

- конструктивные недостатки установок, заключающиеся в свободном выходе вредных веществ, усилении процесса испарения и в возможности попадания продуктов испарения в атмосферный воздух, отсутствии накопительных устройств для производственных вод.

Анализ технологии производства катионных битумных эмульсий позволил выделить основные производственные участки, где происходит выделение токсичных веществ:

- теплонегреватели — работа на нефтяном топливе с выделением продуктов сгорания топлива (углеводородов, оксидов азота, оксидов серы, твердых частицы, окиси углерода);

- блок приготовления битума — выделение углеводородов (происходит в местах кранового оборудования, узлах и соединениях эксплуатируемого блока);

- емкости для хранения соляной кислоты — выделение паров соляной кислоты через клапан для ее заливки;

- блок приготовления водного раствора эмульгатора — выделение паров соляной кислоты;

- блок хранения готовой продукции — утечка эмульсии в процессе перекачки и хранения через трубы, в крановых соединениях или при разрушении цистерны.

Для обеспечения экологически безопасных условий работы при производстве катионных битумных эмульсий необходимо осуществление ряда неотложных природоохранных мероприятий организационного, технического и технологического характера. К их числу в первую очередь следует отнести:

- использование эмульгатора, имеющего санитарный сертификат и рекомендованного к применению при производстве катионных эмульсий;

- уменьшение выделения углеводородов за счет герметизации узлов и соединений блока по приготовлению битума;
- сокращение выбросов в атмосферу от теплоустановок при обеспечении полного сгорания топлива посредством регулировки и наладки системы подачи топлива в камеру сгорания;
- предотвращение выделения паров соляной кислоты.
- исключение выделений из емкостей для приготовления водного раствора эмульгатора;
- сброс промывочных вод и остатков водного раствора эмульгатора по кислотостойким трубопроводам в отстойник;
- нейтрализация вод в отстойнике-накопителе посредством щелочи или молотого известняка;
- обваловка территории базы защитными валиками, предупреждающими растекание эмульсии при проливах или авариях установки.

ГЛАВА 31. ЗАВОДЫ ПО ПРИГОТОВЛЕНИЮ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

31.1. Классификация заводов и особенности их размещения

Асфальтобетонный завод — смонтированный комплекс технологического, энергетического и вспомогательного оборудования, предназначенного для выполнения операций по приготовлению асфальтобетонных смесей.

При строительстве автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием по месту расположения различают два типа АБЗ: прирельсовые и притрассовые.

Прирельсовые АБЗ устраивают у железной дороги. Они включают в себя ряд отделений и цехов основного и вспомогательного назначения:

- склады каменных материалов, состоящие из приемных устройств для разгрузки железнодорожных вагонов и укладки материалов в штабеля, машин и устройств для погрузки каменных материалов из штабелей в расходные бункеры смесительных установок;

- склады минерального порошка, состоящие из приемных устройств, разгрузчиков вагонов, оборудования для транспортирования минерального порошка на склады и от них в расходные емкости асфальтосмесительных установок;

- склады битума, состоящие из приемных устройств и оборудования для разгрузки, хранения и предварительного подогрева битума, из оборудования для обезвоживания и нагрева битума до рабочей температуры и смешения его с поверхностно-активными веществами, а также для подачи готового битума к асфальтосмесительной установке;

- асфальтосмесительные установки с расходными бункерами для каменных материалов и минерального порошка, технологическим оборудованием для сушки и нагрева минеральных материалов и битума, дозирования и перемешивания минеральных материалов и вяжущих, выдачи готовой смеси в накопительные бункеры и транспортные средства;

- вспомогательные отделения — электростанции или трансформаторные подстанции, парокотельные и компрессорные устройства,

устройства водоснабжения и канализации, служебные и бытовые помещения.

В отдельных случаях на АБЗ предусматривают отделения для дополнительного домола и приготовления минерального порошка, сортировки щебня или гравия, приготовления ПАВ.

Притрассовые АБЗ организуют вблизи мест укладки асфальтобетонной смеси. Предназначены для кратковременного использования (один-два года) на одном месте. Притрассовые АБЗ включают асфальтосмесительную установку, расходные склады минерального порошка и емкости для битума (с запасом материалов на одну — пять смен работы АБЗ), передвижные компрессорные установки и электростанции.

Для притрассовых АБЗ характерна доставка каменных материалов с прирельсовой базы автомобилями-самосвалами, а минерального порошка и битума — автоцементовозами и битумовозами.

По принципу работы технологического оборудования АБЗ и установки подразделяются на две категории: циклические и непрерывные. На АБЗ циклического действия используются установки периодического действия и порционные дозаторы для дозирования компонентов смеси. На АБЗ непрерывного действия операции дозирования, перемешивания и выдачи готовой смеси совмещены во времени.

По мощности асфальтосмесительных установок АБЗ подразделяются на следующие типы: малой производительности — до 25 т/ч; средней — 25...50 т/ч; большой — 50...100 т/ч; сверхмощные — 200...400 т/ч.

По компоновке технологического оборудования в вертикальной плоскости АБЗ и установки подразделяются на башенные и партерные. Наибольшее распространение получили установки с башенным расположением агрегатов.

По степени инвентарности установки подразделяются на три типа: стационарные, сборно-разборные и мобильные.

Место размещения АБЗ выбирают с учетом его назначения и минимального времени транспортирования горячих смесей.

Критерием оптимального размещения АБЗ при строительстве автомобильных дорог является минимум суммарных затрат на производство и транспортирование асфальтобетонных смесей к месту укладки с учетом расходов на строительство и перебазирование АБЗ.

При выборе мест размещения АБЗ помимо стоимостных показателей необходимо учитывать удобство примыкания АБЗ к железнодорожной станции, наличие в районе строительства карьеров щебня и песка, нефтеперерабатывающих заводов и источников воды, воз-

возможность подведения электроэнергии от высоковольтных линий и газового топлива от газопровода, наличие действующих автомобильных дорог и типы их покрытий, близость городов и поселков и др.

Определение оптимального размещения АБЗ путем обычных сравнительных методов затруднительно, так как возникает необходимость одновременного учета и сравнения ряда показателей в сложной зависимости. Объективное решение задачи возможно лишь на базе экономико-математических методов и ЭВМ.

31.2. Генеральный план асфальтобетонного завода

Уровень основных технических решений вновь строящихся прирельсовых и притрассовых АБЗ должен соответствовать действующим типовым проектам. Способы приемки щебня, песка и минерального порошка, их складирование и внутризаводское транспортирование должны исключить возможность снижения их качества и загрязнения окружающей среды. Методы выгрузки битума из вагонов и схема битумохранилища должны исключать возможность его обводнения и загрязнения.

На территории АБЗ кроме основных отделений размещаются механическая мастерская, материально-технический склад, трансформаторная подстанция или передвижная электростанция, контора, лаборатория, мастерская, склад горюче-смазочных материалов, столовая, бытовые помещения, медпункт.

Проектные решения АБЗ необходимо составлять с учетом требований противопожарных норм проектирования зданий и сооружений. Пожарные участки технологических линий АБЗ оборудуют средствами тушения по согласованию с местной пожарной инспекцией.

Решение генеральных планов прирельсовых АБЗ подчиняется общим требованиям, предъявляемым к производственным предприятиям дорожного строительства с учетом специфики работы АБЗ (рис. 31.1):

- получения по железной дороге фракционированного щебня и песка и резервирования в отдельных случаях места для сортировочно-моечного отделения;

- обеспечения нормативных сроков разгрузки поступающих по железной дороге заполнителей, битума и минерального порошка;

- использования для хранения заполнителей открытых площадок, а для хранения минерального порошка — складов силосного типа, оборудованных системой пневмотранспорта;
- обеспыливания мест пылеобразования при погрузочно-разгрузочных работах системами пылеулавливания;
- использования для хранения битума в битумохранилищах ямного или полужамного типа с приемными устройствами и системами подогрева и перекачки вязущих.

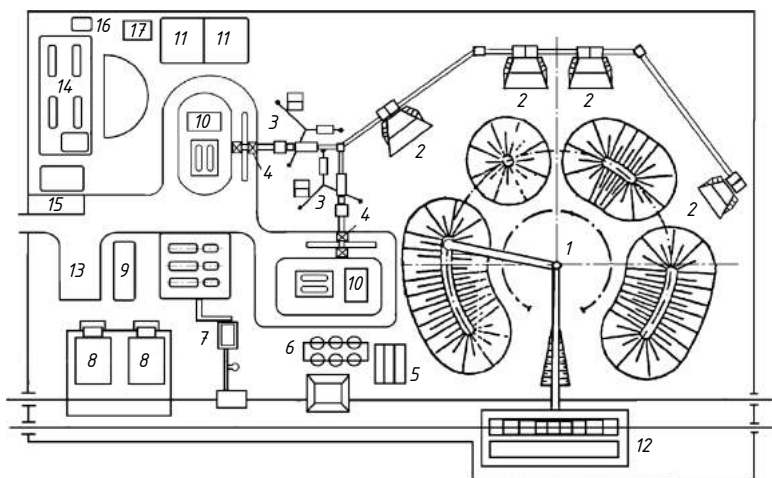


Рис. 31.1. Генеральный план прирельсового АБЗ:

- 1 — склад каменных материалов; 2 — отделение подачи каменных материалов;
 3 — асфальтосмесительная установка; 4 — накопительный бункер готовой смеси; 5 — компрессорная установка; 6 — склад минерального порошка;
 7 — склад мазута; 8 — битумохранилище; 9 — склад ГСМ; 10 — склад резиновой крошки; 11 — ремонтные мастерские; 12 — подрельсовый бункер;
 13 — стоянка для автотранспорта; 14 — административный корпус; 15 — весовая и пункт контроля; 16 — туалет; 17 — трансформаторная подстанция

Территория, на которой располагается прирельсовый АБЗ, должна быть благоустроена и иметь подъездные пути, водоотвод, ограду и освещение для работы в темное время суток и при плохой видимости.

Покрытие на открытых площадках для хранения заполнителей и на основных проездах рекомендуется устраивать как из монолитного и сборного бетона, так и из асфальтобетона.

В проектном решении прирельсового АБЗ предусмотрено размещение зданий и сооружений вспомогательных отделений в сборно-разборных конструкциях. Для технического обслуживания и теку-

щего ремонта технологического оборудования, инженерных сетей и коммуникаций на АБЗ предусмотрена ремонтно-механическая мастерская.

Для систематического контроля технологического процесса приготовления асфальтобетонной смеси и качества исходных материалов, поступающих на завод, в составе АБЗ должна быть предусмотрена лаборатория с оборудованием, обеспечивающим проведение комплекса всех испытаний материалов, предусмотренных ГОСТ 9128—2009.

Притрассовые АБЗ организуются на базе асфальтосмесительных установок мобильного типа (рис. 31.2). Доставка материалов на притрассовый асфальтобетонный завод предусмотрена автомобилями с прирельсовых баз. Каменные материалы на питатели асфальтосмесительной установки подаются одноковшовыми погрузчиками на пневмоколесном ходу.

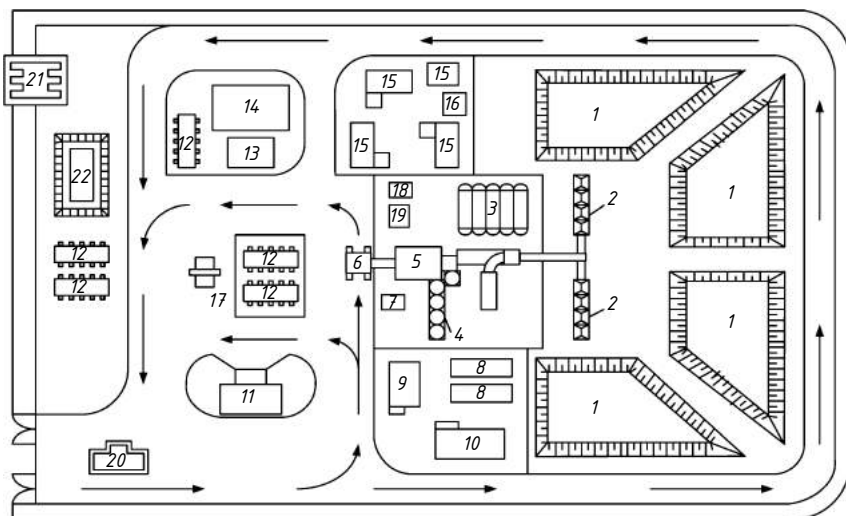


Рис. 31.2. Генеральный план притрассового АБЗ:

- 1 — склад каменных материалов; 2 — агрегат питания; 3 — битумные цистерны; 4 — силосы минерального порошка; 5 — смеситель; 6 — бункеры готового материала; 7 — кабина управления; 8 — емкости с водой;
- 9 — отделение приготовления добавок; 10 — контора с лабораторией;
- 11 — материально-технический склад; 12 — противопожарные резервуары;
- 13 — ремонтно-механическая мастерская; 14 — площадка для открытых ремонтных работ; 15 — бытовые помещения; 16 — электростанция;
- 17 — артезианская скважина; 18 — передвижная компрессорная установка; 19 — отделение лаборатории; 20 — весовая с автомобильными весами; 21 — очистные сооружения; 22 — склад ГСМ

На территории АБЗ рядом со смесительной установкой располагается склад песка и фракционного щебня открытого типа с разделительными стенками на площадке, имеющей твердое покрытие. Щебень и песок должны доставляться чистыми, а щебень быть рассортированным по фракциям.

Активированный минеральный порошок хранят в металлических расходных силосных емкостях. Для подачи минерального порошка используют средства пневматического транспорта. К инвентарному расходному складу минеральный порошок доставляется автоцементовозами.

В притрассовых битумохранилищах битум хранят в цистернах, вмещающих до 100 т битума и имеющих оборудование для поддержания рабочей температуры битума, оборудованных обогреваемым битумным насосом, битумопроводами и битумными кранами.

К смесительной установке прокладывают подъездную дорогу с твердым покрытием. Движение организуют по кольцевой схеме без встречных автомобилей.

В состав притрассового АБЗ включаются отделения энергетического и вспомогательного назначения — электростанции или трансформаторные подстанции, компрессорные и парокотельные установки, устройства водоснабжения, склады различных материалов, системы битумо- и мазутопроводов, комплекс служебных и вспомогательных помещений.

В отличие от прирельсовых АБЗ размещение основных отделений вспомогательного назначения на притрассовых АБЗ предусмотрено в мобильных зданиях и сооружениях контейнерного типа.

В отличие от ранее действующих предприятий стационарного типа рассмотренные прирельсовые и притрассовые АБЗ запроектированы с учетом возможности максимального сокращения объемов работ на их сооружение. В этих целях для хранения каменных материалов на АБЗ широко используются открытые площадки, а для хранения минерального порошка взамен бункерных складов — склады силосного типа. Транспортные операции по подаче каменных материалов осуществляются одноковшовыми фронтальными погрузчиками на пневмоколесном ходу.

31.3. Асфальтосмесительные установки

Асфальтосмесительные установки — комплект основного технологического оборудования АБЗ, обеспечивающего выполнение основ-

ных операций технологического процесса приготовления асфальтобетонных и битумоминеральных смесей.

Асфальтосмесительные установки классифицируются по основным конструктивным и технологическим показателям: производительности, принципу действия смесителя, конструктивной компоновке основных агрегатов, мобильности.

Номинальную производительность асфальтосмесительных установок оценивают из условия приготовления песчаных или мелкозернистых смесей с расчетной влажностью каменных материалов 5%. Производительность асфальтосмесительных установок находится в интервале 12...400 т/ч. Большинство установок, находящихся в настоящее время в эксплуатации в России, имеют производительность от 25 до 100 т/ч.

По принципу действия смесителя асфальтосмесительные установки могут быть цикличного и непрерывного действия. В установках цикличного действия все подготовительные и вспомогательные операции, связанные с подачей каменных материалов, их просушиванием и нагревом, загрузкой в расходные бункеры и приготовлением битума, осуществляют непрерывно. Однако дозирование, подачу всех компонентов смеси, их перемешивание и разгрузку смесителя производят периодически в виде повторяющихся циклов. Установки такого типа получили наибольшее распространение, так как они позволяют точно выдерживать требуемый рецептурный состав смеси, быстро переходить на выпуск смеси любого рецептурного состава, изменять время перемешивания, получать высокое качество смеси. В установках непрерывного действия все технологические операции, за исключением выдачи готовой смеси из накопительного бункера, выполняют непрерывно. Для осуществления непрерывности процесса применяют смесители непрерывного действия, которые по сравнению с установками периодического действия имеют меньшую металло- и энергоемкость, однако их применение целесообразно в основном при больших объемах работ и продолжительном выпуске смеси одного рецептурного состава.

По конструктивной компоновке основных агрегатов асфальтосмесительные установки разделяют на башенные и партерные. В установках башенного типа конструкция агрегатов выполнена в вертикальном направлении. Просушенные и нагретые в сушильном барабане компоненты смеси подаются на установку башенного типа, в которой осуществляются грохочение, сортировка, дозирование и перемешивание. На все эти операции компоненты смеси последовательно

поступают под влиянием силы тяжести. При партерной компоновке агрегаты асфальтосмесительной установки имеют наземное расположение. Составляющие компоненты асфальтобетонной смеси перемещаются от агрегата к агрегату с помощью непрерывных транспортных средств. Такая схема позволяет осуществить быстрый монтаж всего оборудования.

По мобильности установки разделяют на стационарные и передвижные. Отличительными особенностями этих установок является конструктивное исполнение агрегатов, которое влияет на длительность монтажа, демонтажа и удобство транспортирования. Асфальтосмесительные установки стационарного типа применяют на постоянно действующих АБЗ. Передвижные асфальтосмесительные установки (рис. 31.3) выполняют из отдельных легко транспортируемых агрегатов, иногда снабженных колесным ходом. Их монтаж осуществляют с помощью автомобильных кранов. Как правило, для передвижных установок не требуется сооружения массивных заглубленных фундаментов, большинство блоков смесителей монтируются на подготовленной забетонированной площадке.

В России производителями асфальтосмесительных установок являются: ОАО «Саста», «Номбус», «Ротор», «Центросвар» и «УралНИТИ». На объектах дорожного строительства эксплуатируются преимущественно асфальтосмесительные установки ОАО «Кредмаш» (Украина). Их количество в структуре парка асфальтосмесительного оборудования превышает 70%.

В настоящее время ОАО «Кредмаш» (Украина) выпускаются асфальтосмесительные установки: ДС-185, КДМ-201 и ДС-168 производительностью 48, 80 и 130 т/ч соответственно.

В состав асфальтосмесительной установки ДС-168 (рис. 31.4) входят агрегат питания, транспортер, сушильный агрегат, агрегат минерального порошка, бункер готовой смеси, битумная обогреваемая цистерна, нагреватель битума, топливный бак, кабина оператора, нагреватель теплоносителя огневой.

В настоящее время дорожные организации оснащены также асфальтосмесительными установками зарубежных фирм Ammann, Benninghoven, Lintec, Teltomat (Германия), Bernardi (Италия), Ermont (Франция), Astec (США) и др.

Фирма Ammann поставляет асфальтосмесительные установки башенной компоновки, работающие по классической башенной технологии, производительностью от 80 до 240 т/ч, конструктивные ре-

шения которых могут быть изменены в зависимости от потребностей заказчиков. Например, разработан вариант установки с теплоизоляционной обшивкой для работы при минусовых температурах. Тензометрические системы взвешивания материалов обеспечивают точность до 0,1%, а рассеивание каменных материалов на шесть фракций и целый ряд других конструктивных особенностей гарантируют высокое качество асфальтобетонных смесей.

Блочная конструкция установок позволяет выполнять их монтаж в сжатые сроки, при этом габариты узлов и агрегатов позволяют транспортировать их по автомобильным и железным дорогам. Пульты установок оснащены микропроцессорным управлением и поступают полностью смонтированными.

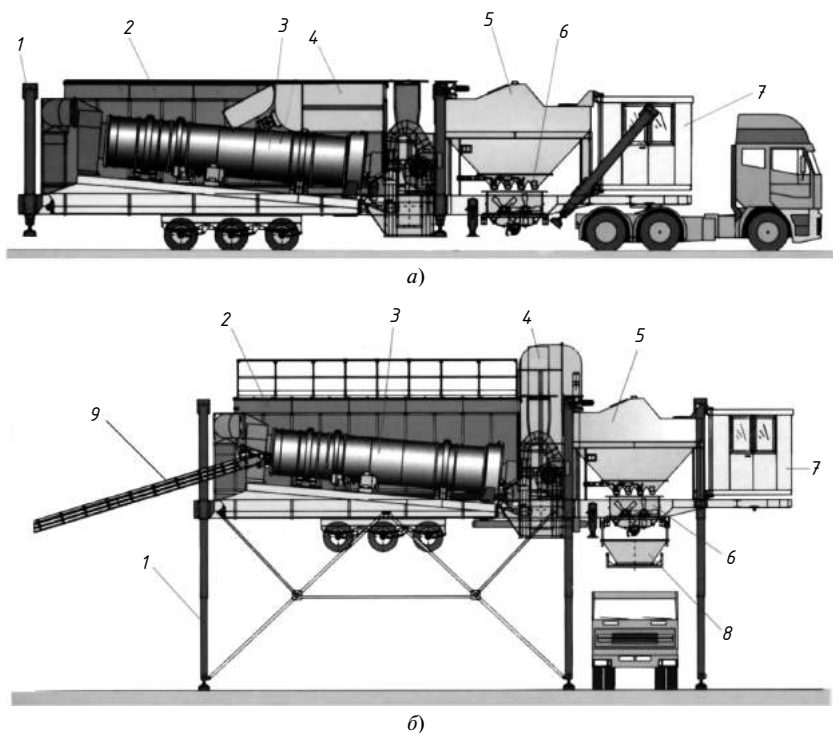
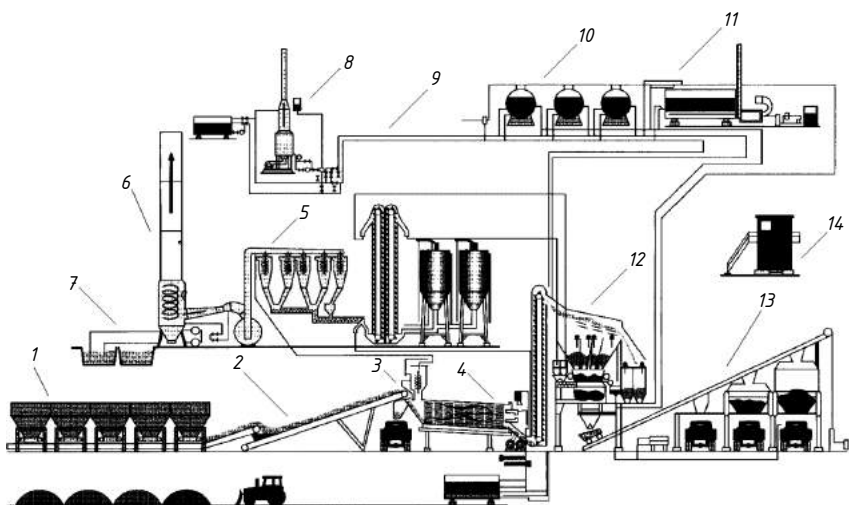


Рис 31.3. Передвижная асфальтосмесительная установка
а — в транспортном; *б* — в рабочем положении; 1 — стойка; 2 — фильтр;
 3 — сушильный барабан; 4 — элеватор; 5 — бункер; 6 — смеситель;
 7 — кабина управления; 8 — бункер готовой смеси; 9 — транспортер
 подачи каменных материалов в сушильный барабан



а)



б)

Рис. 31.4. Асфальтосмесительная установка ДС-168 (Украина):

а — общий вид; *б* — технологическая схема;

1 — агрегат питания; 2 — конвейер наклонный;

3 — I ступень (предварительная) очистки дымовых газов;

4 — сушильный агрегат; 5 — II ступень очистки дымовых газов;

6 — III ступень очистки дымовых газов; 7 — шламоотстойник; 8 — нагреватель жидкого теплоносителя; 9 — подача битума из хранилища или битумовоза;

10 — битумные цистерны; 11 — нагреватель битума; 12 — смесительный агрегат; 13 — агрегат готовой смеси; 14 — кабина оператора

Представлены асфальтосмесительные установки фирмы Benninghoven: стационарные производительностью 40...250 т/ч; блочные полустационарные производительностью 100...200 т/ч; мобильные — 60...160 т/ч.

Система грохотов установок позволяет разделить минеральные материалы на шесть фракций, что совместно с другими техническими решениями, в том числе высокой точностью взвешивания, гарантирует хорошее качество смесей. По заказу потребителей устанавливаются горелки для работы на мазуте любой марки, дизельном топливе, природном или сжиженном газе, а также на угольной пыли. Все установки оснащены накопительными бункерами готовой смеси. Очистка дымовых газов выполняется с помощью тканевых фильтров. Нагрев битума до рабочей температуры и обогрев битумопроводов осуществляются с помощью нагревателей жидкого теплоносителя мощностью от 300 до 400 кВт.

Конструктивные особенности установок обеих фирм, а именно большой объем сушильных барабанов и смесителей, позволяют утилизировать старый асфальт и применять материалы с повышенной влажностью без снижения номинальной производительности. Установленный в кабине компьютер помогает быстро переходить на любую рецептуру смесей, непрерывно фиксировать количество приготовленных замесов, строго выполнять заданные технологические режимы.

Асфальтосмесительные установки фирмы Lintec (Германия) характеризует расположение блоков установки в стандартных морских контейнерах, что предопределяет кратчайшие сроки монтажа-демонтажа технологического оборудования АБЗ и отсутствие бетонных фундаментов при установке асфальтобетонного завода.

Кроме того, изготовление асфальтосмесительных установок с двойным просеивающим барабаном (рис. 31.5) исключает использование горячего элеватора и вибрационного грохота, а также дополнительных узлов и приводов к ним при производстве асфальтобетонных смесей.

Фирма Bernardi (Италия) выпускает асфальтосмесительные установки непрерывного и циклического действия производительностью от 80 до 450 т/ч в стационарном и мобильном исполнении. Система грохотов асфальтосмесительных установок обеспечивает рассев каменных материалов на пять фракций. Установки комплектуются накопительными бункерами для готовой смеси в различных вариантах компоновки их со смесительными агрегатами: 1-й вариант — с бункером-накопителем; 2-й вариант — с загрузкой автомобилей-самосвалов из отдельного бункера-накопителя; 3-й вариант — с загрузкой автомобилей-самосвалов из смесителя и бункера.

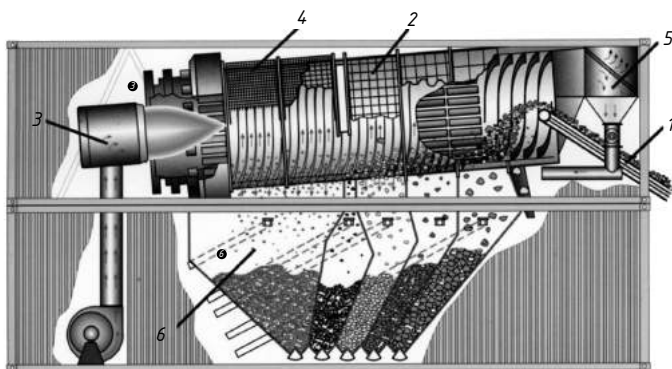


Рис. 31.5. Просеивающий барабан двойного действия АСУ фирмы Lintec (Германия):

1 — транспортер подачи материалов в барабан; 2 — сушильный барабан; 3 — горелка и вентилятор; 4 — сита; 5 — сепаратор пыли, 6 — карманы горячего материала

В последнее время фирмой Bernardi освоен выпуск десяти типоразмеров асфальтосмесительных установок без накопительных бункеров для готовой смеси. Для обеспечения требуемой производительности и возможности быстрого приготовления и загрузки смеси в автотранспорт в составе асфальтосмесительной установки применены «горячие» бункеры каменных материалов (щебня и песка) большой вместимости с теплоизоляцией, отдельные дозаторы по массе для всех фракций минеральных материалов, а также двухвальные смесители большой вместимости.

Зарубежные производители предлагают широкий выбор асфальтосмесительных установок практически любой производительности, стационарные и мобильные. В этой связи заслуживают особого внимания передвижные установки большой производительности.

Одной из таких установок является установка фирмы Astec (США), которая выпускает передвижные установки типа М-Паск производительностью от 100 до 400 т/ч. Все элементы конструкции установок выполнены в виде отдельных перевозимых блоков-модулей, которые быстро могут быть объединены и смонтированы на новом месте. Эта установка может быть эффективна и при использовании ее в качестве стационарной, так как даже однократная экономия на монтаже и фундаментах уже очень значительна. Фундаменты выполняются только для накопительных бункеров.

Остальные модули установки могут монтироваться на забетонированной или асфальтированной площадке. Все модули установки оснащены прочными рамами, которые заменяют фундаменты, а электрические кабели между модулями соединяются с помощью штекерных разъемов.

Блоки установок выполнены по габаритам и массе с учетом их транспортировки по автомобильным дорогам с помощью трейлеров или по железной дороге.

Принципиальным отличием установок типа М-Раск от других является конструкция сушильно-смесительного барабана, который выполнен коаксиальным (два барабана — один внутри другого). При этом внутренний барабан является сушильным барабаном с противоточным обогревом. Внешний барабан, который не полностью охватывает внутренний, снабжен внутри лопатками и является смесителем. Лопатками также оснащена и соответствующая наружная сторона внутреннего барабана. Внешний барабан имеет теплоизоляцию и не вращается. Таким образом, процесс перемешивания смеси происходит в кольцевом пространстве между двумя барабанами. Такая конструкция позволяет существенно сократить потери тепла и, соответственно, снизить расход топлива.

Система дозирования установки решена путем взвешивания материалов на ленте, питающей сушильный барабан, с помощью тензометрических датчиков. Тарировка взвешивающего устройства выполняется тарировочными грузами.

Установка оснащена рукавными матерчатыми фильтрами в виде отдельных блоков с автоматической очисткой рукавов.

Конструкция накопительных бункеров дает возможность более длительного хранения смеси. С этой целью предусмотрен надежный обогрев и теплоизоляция бункеров и исключен контакт с воздушной средой. Загрузка силосов осуществляется с помощью обогреваемого скребкового конвейера.

31.4. Технология приготовления асфальтобетонных смесей в установках циклического и непрерывного действия

Схема технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей, показанная на рис. 31.6, является обобщенной для асфальтосмесительного оборудования циклического действия.

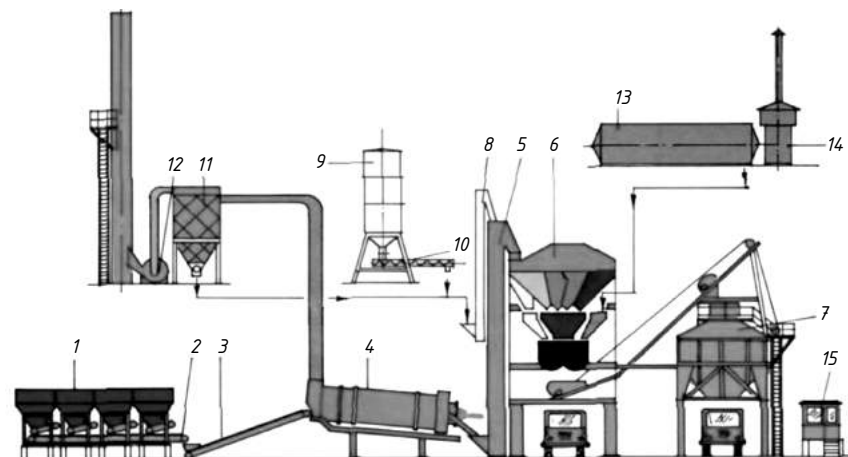


Рис. 31.6. Технологическая схема приготовления асфальтобетонной смеси в установке циклического действия:

- 1 — бункеры-дозаторы; 2 — сборный конвейер; 3 — конвейер сушильного барабана; 4 — сушильный барабан; 5 — «горячий элеватор»; 6 — смесительный агрегат; 7 — бункер готовой смеси; 8 — элеватор минерального порошка и пыли; 9 — силос минерального порошка; 10 — шнек; 11 — пылеуловитель и силос пыли; 12 — вентилятор; 13 — обогреваемые битумные цистерны; 14 — нагреватель масла; 15 — кабина управления

Холодные и влажные песок и щебень подаются со склада в бункеры-дозаторы 1 агрегата питания погрузчиками, кранами с грейферным захватом или конвейерами. Из бункеров агрегата питания песок и щебень непрерывно подаются питателями в соответствии с требуемой производительностью на сборный конвейер 2, расположенный в нижней части агрегата питания. Со сборного конвейера материал поступает на наклонный конвейер сушильного барабана 3, который загружает песок и щебень в сушильный барабан 4. В барабане песок и щебень высушиваются и нагреваются до рабочей температуры. Материал нагревается за счет сжигания в топках сушильных агрегатов жидкого или газообразного топлива. Жидкое топливо хранится в специальных баках, в которых оно нагревается и подается насосом к форсунке сушильного агрегата. Необходимый для сгорания топлива воздух подается к форсунке вентиляторами. Образующиеся при сжигании топлива и просушивании материала горячие газы и пыль поступают в пылеулавливающую систему 11, в которой пыль осаждается и затем подается для использования к смесительному агрегату 6 или удаляется с асфальтобетонного завода (в виде шлама). Очищенные от пыли горячие газы через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу.

Нагретые до рабочей температуры песок и щебень из сушильного барабана поступают на элеватор и подаются им в сортировочное устройство смесительного агрегата, где материалы разделяются на фракции по размеру зерен и подаются в бункеры для горячего материала. Из этих бункеров песок и фракции щебня поступают в весовые дозаторы, которые в требуемых соотношениях загружают их в смеситель циклического действия. Необходимый для приготовления асфальтобетонной смеси минеральный порошок поступает в смесительный агрегат из силоса минерального порошка 9, включающего оборудование для хранения и транспортирования этого материала. Заданное содержание минерального порошка в смеси обеспечивается дозаторами или питателями силоса минерального порошка или смесительного агрегата.

Одновременно с дозированием минеральных материалов осуществляется подача битума из битумной цистерны 13 или другой емкости в дозирующие устройства. Битум находится в дозирующем устройстве до тех пор, пока не возникает необходимость подачи его в смесительный агрегат.

Все поданные в смеситель компоненты перемешиваются в смесителе, и готовая асфальтобетонная смесь выгружается в накопительный бункер 7. Работой асфальтосмесительных установок управляют из специально оборудованной кабины 15. Оборудование для битума обогревается теплоносителем, получаемым в агрегате 14.

Технологическая схема приготовления асфальтобетонной смеси в установке непрерывного действия показана на рис. 31.7.

Строго фракционированные материалы транспортерами или фронтальными погрузчиками подаются в бункеры-дозаторы 1, в которых осуществляется дозирование материалов. Отдозированные материалы подаются на сборный транспортер, а затем конвейером 3, оборудованным устройством для контроля влажности, направляются в сушильно-смесительный барабан 4. Загружаемые в барабан материалы перемещаются из верхней части барабана в нижнюю часть под действием силы тяжести, а также благодаря специальной форме лопастей, смонтированных на стенках барабана. Проходя по первой (сушильной) камере, материалы высушиваются и нагреваются до рабочей температуры и переходят в смесительную зону 6. Битум из цистерны 15 подается в начальную зону смесительной камеры и при вращении сушильно-смесительного барабана распределяется по поверхности зерен минерального материала. Подача минерального порошка и циклонной пыли из силосов 11 и 14 в барабан производится незадолго до подачи битума в целях обеспечения теплообмена между холодным порошком и остальными минеральными материалами.

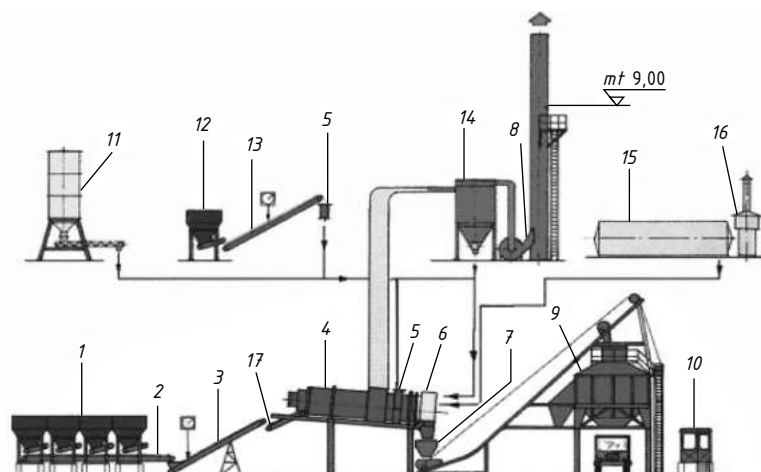


Рис. 31.7. Технологическая схема приготовления асфальтобетонной смеси в установке непрерывного действия:

- 1 — бункеры-дозаторы; 2 — сборный конвейер; 3 — конвейер с контролем влажности; 4 — сушильно-смесительный барабан; 5 — дозатор и подача старого асфальтобетона; 6 — смесительная зона; 7 — бункер ожидания скипа; 8 — пылесос-вентилятор; 9 — накопительный бункер; 10 — кабина управления; 11 — силос минерального порошка; 12 — бункер старого асфальтобетона; 13 — конвейер с контролем влажности; 14 — пылеуловитель и силос пыли; 15 — битумный бак-цистерна; 16 — нагреватель масла; 17 — конвейер сушильного барабана

Из смесительной зоны 6 готовая асфальтобетонная смесь поступает в бункер 7 и далее скипом перемещается в накопительный бункер 9.

На асфальтосмесительных установках непрерывного действия для очистки отходящих газов используется, как правило, такое же оборудование, как и на установках циклического действия.

Технологической схемой установки непрерывного действия предусмотрена подача в сушильно-смесительный барабан 4 старого асфальтобетона из бункера 12 посредством конвейера с контролем влажности 13. Последующая сушка и перемешивание старого асфальтобетона с минеральными материалами и битумом осуществляются при помощи лопастей барабана.

Особенности приготовления литых асфальтобетонных смесей

Разновидностью горячих асфальтобетонных смесей являются литые асфальтобетонные смеси. Они отличаются от обычных горячих смесей

повышенным содержанием битума большей вязкости и минерального порошка, более высокой (210...230 °С) температурой при их приготовлении и укладке.

Приготовление литых асфальтобетонных смесей производят на обычном оборудовании АБЗ и в специализированных установках путем смешения в нагретом состоянии щебня, гравийно-песчаной смеси, природного или дробленого песка, минерального порошка и нефтяного вязкого теплостойкого битума, взятых в определенных соотношениях.

В соответствии с ТУ 5718-002-04000633—2006 «Смеси асфальтобетонные литые и литой асфальтобетон. Технические условия» литые смеси подразделяют на пять типов, отличающихся размерами щебня и массовой долей асфальтового вяжущего вещества.

Продолжительность перемешивания смесей устанавливается в соответствии с техническими характеристиками используемой смеси-тельной установки.

Допускаемая погрешность дозирования компонентов смеси не должна превышать $\pm 3\%$ по массе для каждого компонента минеральной части и $\pm 1,5\%$ по массе для битума.

Температура смеси при выпуске из смесителя принимается в соответствии с данными табл. 31.1.

Таблица 31.1

Температура смеси при выпуске из смесителя

Тип смеси	Температура смеси, °С		
	Температура воздуха, °С		
	выше +10	от +10 до +5	ниже +5
I	220...240	220...240	—
II, III	200...220	210...230	—
IV	165...180	175...185	до 210
V	180...200	190...210	до 220

В целях совершенствования технологического процесса, снижения его энергоемкости, повышения однородности литой асфальтобетонной смеси установка может быть укомплектована системой предварительного нагрева минерального порошка до температуры 160...170 °С.

Литую асфальтобетонную смесь (тип I и V) с АБЗ к месту производства работ доставляют в специальных передвижных котлах, снабженных обогревом и устройством для перемешивания. Смеси типа II и III допускается транспортировать автомобилями-самосвалами, как пра-

вило, большой грузоподъемности и оборудованными обогреваемыми кузовами.

Особенности приготовления щебеночно-мастичных горячих асфальтобетонных смесей

В соответствии с ГОСТ 310015—2002 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон. Щебеночно-мастичные. Технические условия» щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь представляет собой рационально подобранную смесь минеральных материалов (щебня, песка из отсевов дробления и минерального порошка), волокна (целлюлозного, полимерного) и битумного вяжущего, взятых в определенных пропорциях и перемешанных в нагретом состоянии.

Для приготовления ЩМАС пригодны асфальтобетонные смесительные установки как периодического, так и непрерывного действия, оборудованные дополнительным дозатором и линией подачи стабилизирующей добавки в смеситель. В качестве стабилизирующей добавки чаще всего применяют целлюлозное волокно или специальные гранулы на его основе. Целлюлозное волокно должно быть однородным, не содержать пучков, скоплений нераздробленного материала и посторонних включений и иметь ленточную структуру нитей длиной от 0,1 до 2,0 мм.

Допускается применять стабилизирующие добавки, включая полимерные или иные волокна с круглым или удлиненным поперечным сечением нитей.

Стабилизирующая добавка в виде гранул или свободных целлюлозных волокон вводится в смеситель АБЗ на разогретый каменный материал до или после подачи минерального порошка. Назначение стабилизирующей добавки — предотвратить стекание и отслоение битумного вяжущего при хранении смеси в накопительном бункере и при транспортировании, а также улучшить однородность и физико-механические свойства ЩМАС. Расход добавки составляет от 2,0 до 5,0 кг на 1 т смеси. Стабилизирующую добавку волокон целлюлозы, представленную в виде пропитанных битумом и спрессованных гранул, можно автоматически подавать в смеситель из силосного склада через весовой или объемный дозатор по специально оборудованной линии.

На рисунке 31.8 показана схема конструкции агрегата целлюлозной добавки, обеспечивающая прием, дозирование и выдачу в смеситель асфальтосмесительной установки гранулированных целлюлозных добавок типа VIATOR, TESCOCEL и подобных им отечественных аналогов с насыпной плотностью $500 \pm 50 \text{ кг/м}^3$.

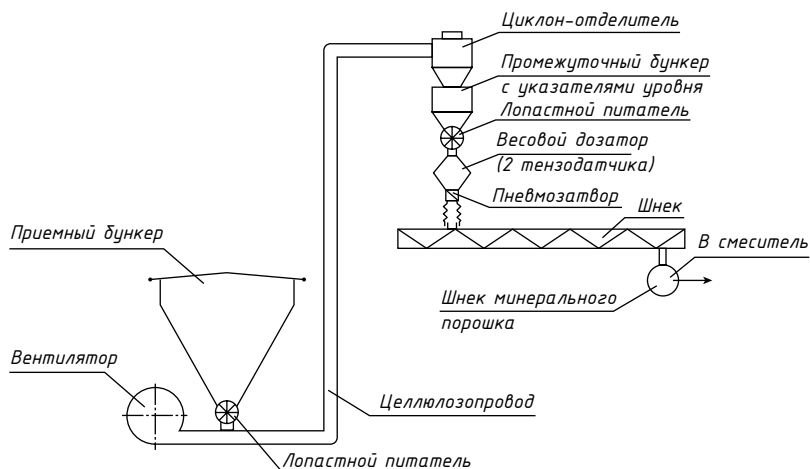


Рис. 31.8. Состав и схема агрегата подачи целлюлозной добавки

Спецификой ЩМАС является, в частности, более высокая по сравнению с обычными асфальтобетонными смесями температура приготовления. Это связано с температурной чувствительностью смеси и с тем, что ЩМАС укладывается в основном тонкими слоями, склонными к быстрому охлаждению. Температура приготовления ЩМАС в зависимости от марки применяемого битума приведена в табл. 31.2.

Таблица 31.2

Требования к температуре ЩМАС

Марка вяжущего по глубине проникания иглы	Температура ЩМАС, °С	
	при выпуске	при укладке, не менее
40...60	160...175	150
60...90	155...170	145
90...130	150...165	140
130...200	140...160	135

Приготовленную асфальтобетонную смесь из смесителя перегружают в накопительные бункеры и далее в кузова автомобилей-самосвалов для транспортирования к месту укладки. Использование накопительных бункеров в качестве временного склада для хранения ЩМАС позволяет обеспечить ритмичность их выпуска независимо от наличия транспортных средств, изменения режимов укладки, а также сократить

время разгрузки автомобилей и повысить производительность АБЗ. Однако опыт проведения работ показал, что время хранения ШМАС в бункере не должно превышать 0,5 ч.

Особенности приготовления полимерно-битумного вяжущего

Введение в битум полимеров (дивинил-стирольных или бутадиен-стирольных термоэластопластов) и пластификаторов позволяет получить полимерно-битумного вяжущего (ПБВ), стабилизирующее физико-механические свойства асфальтобетона при сезонных перепадах температуры. Полимерно-битумные вяжущие для асфальтобетонных смесей должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 52056—2003.

В мировой практике наиболее широкое распространение получила технология приготовления ПБВ путем введения дивинил-стирольного термоэластопласта (ДСТ) в битум в виде раствора в битумном сырье (гудроне), так как при этом ПБВ может быть получено как с использованием вязких, так и маловязких битумов. Концентрация раствора ДСТ и других стирольных блоксополимеров (СБС) в гудроне может находиться в пределах от 10 до 20% по массе. Приготовление менее концентрированных растворов ДСТ в гудроне может послужить причиной недостаточной теплостойкости полимерасфальтобетона в связи с введением в битум большого количества гудронов. Более концентрированные растворы будут плохо перекачиваться битумным насосом.

Описанная выше технология не подходит для российских дорог, поскольку практически не предусматривает возможности их эксплуатации при низких температурах. В России используют другую технологию, в соответствии с которой возможно введение блоксополимеров типа СБС в битум путем предварительного их растворения в индустриальном масле.

При этом можно использовать любые типы СБС как отечественного, так и зарубежного производства: ДСТ, финапрен, карифлекс. Количество вводимых блоксополимеров определяется в зависимости от марок битумов, типов блоксополимеров и других технологических условий, изложенных в нормативных документах.

В России для приготовления ПБВ нашли применение установки отечественного и зарубежного производства. В основе отечественного оборудования для приготовления ПБВ при растворении сти-

рольных блоксополимеров использован метод перемешивания материалов.

Оборудование для приготовления ПБВ конструкции СоюздорНИИ может работать в составе асфальтосмесительных установок производительностью до 100 т/ч, а также в режиме автономного приготовления ПБВ или раствора СБС в масле с выдачей его потребителям для последующего введения в битум.

Полимерно-битумное вяжущее в оборудовании СоюздорНИИ может приготавливаться по любой из двух технологических схем. По первой схеме обезвоженный и нагретый до 170...180 °С битум закачивается в первый смеситель и затем в него подается до 10% индустриального масла, играющего роль пластификатора. Затем подается, например, 2...2,5% ДСТ. Перемешивание осуществляется до получения однородной смеси, которая закачивается во второй смеситель, работающий в качестве расходной емкости.

По второй технологической схеме в первом смесителе готовится 20...30%-ный раствор ДСТ в масле, который затем подается в битум, находящийся во втором смесителе, где он перемешивается до получения однородной смеси.

Характерным конструктивным отличием этого оборудования, как, впрочем, и выпускаемого большинством зарубежных фирм, является наличие коллоидной мельницы, которая реализует метод измельчения и требует для своей работы очень большой потребляемой мощности. Наличие такой мельницы позволяет получить ПБВ без предварительного растворения блоксополимера. Весь процесс выполняется в автоматическом режиме в течение 40 мин.

Технологический процесс получения ПБВ включает следующие основные операции: битум, нагретый до температуры 110...120 °С, подается в смеситель 3 (рис. 31.9). Затем туда подают необходимое количество пластификатора, нагретого до 90...100 °С, и перемешивают до однородного состояния, после чего пропорционально вводят полимер. Сначала осуществляют медленное перемешивание смеси в смесителе 3 до полного смачивания и равномерного распределения полимера, затем включают нагрев смесителя и начинают интенсивное перемешивание с одновременным нагревом до 155...160 °С.

После этого смесь пропускают через коллоидную мельницу 9 и перекачивают из смесителя 3 в смеситель 2 для получения однородного ПБВ во всем объеме.

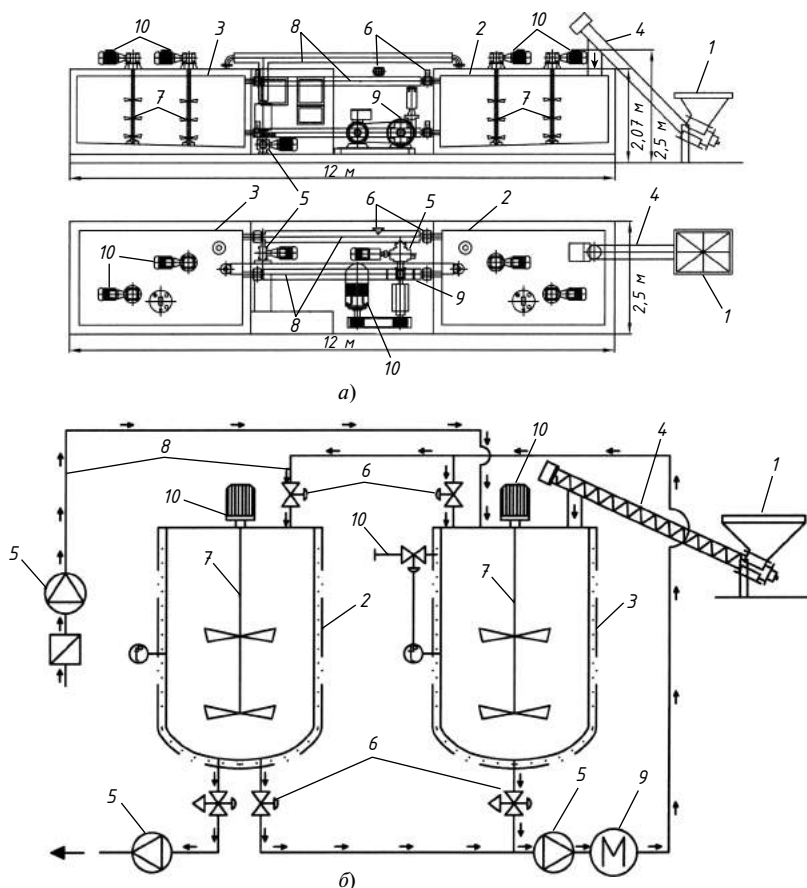


Рис. 31.9. Приготовление полимерно-битумного вяжущего в установке фирмы Gold Asphalt (Италия):

а — установка для приготовления полимерно-битумного вяжущего; *б* — технологическая схема приготовления полимерно-битумного вяжущего в установке; 1 — бункер для приема полимера; 2 — левый смеситель; 3 — правый смеситель; 4 — транспортер; 5 — насосы; 6 — пневматические клапаны; 7 — лопасти смесителя; 8 — трубопроводы; 9 — коллоидная мельница; 10 — электродвигатели

Работа асфальтобетонного завода зимой

В исключительных случаях в России и за рубежом возникает необходимость строительства слоев покрытий из горячих асфальтобетонных смесей при более низких температурах воздуха. Это позво-

ляет продлить строительный сезон и обеспечить более эффективную загрузку и работу АБЗ в течение года. Имея в составе АБЗ не менее двух асфальтосмесительных установок, можно обеспечить выпуск асфальтобетонной смеси зимой и выполнить необходимые работы по ремонту и техническому обслуживанию технологического оборудования. В связи с этим ведущими зарубежными фирмами разработаны варианты асфальтосмесительных установок с теплоизоляционной обшивкой для работы АБЗ при отрицательных температурах, для чего в комплекте асфальтосмесительной установки предусмотрена пылеулавливающая установка с сухой очисткой отходящих газов. В целях предотвращения образования конденсата и обеспечения ритмичной работы АБЗ следует изолировать пылеулавливающую установку и дымосос теплоизоляционными материалами. При приготовлении асфальтобетонных смесей в период отрицательных температур воздуха управление отдельными узлами технологического оборудования АБЗ следует осуществлять с помощью гидравлических систем. Пневмоцилиндры со сжатым воздухом нужно заключить в кожухи с дополнительным обогревом.

Особое внимание при приготовлении асфальтобетонных смесей в условиях отрицательных температур следует уделить утеплению всех битумопроводов, транспортеров, шнеков, бункеров АБЗ. Особо важным является проблема утепления самих материалов, входящих в состав асфальтобетонной смеси. Сменный запас минеральных материалов необходимо складировать под крытым навесом и накрыть брезентовым полотнищем. Перед подачей минеральных материалов в приемные бункеры асфальтосмесительной установки их нужно разрыхлить, а в конце смены очистить бункеры от остатков материалов.

Опыт работы на АБЗ № 4 «Капотня» (г. Москва) показывает, что производство асфальтобетонных смесей в зимнее время сопровождается расходом газа, электроэнергии, пара и воды в 1,5...2 раза большим, чем в летние месяцы. В связи с этим в целях эффективного использования технологического оборудования АБЗ следует выполнить необходимые технико-экономические расчеты с определением при этом оптимального объема партии выпуска асфальтобетонной смеси, экономически выгодного для АБЗ.

В условиях отрицательных температур в составе горячих асфальтобетонных смесей следует применять менее вязкие битумы БНД 90/130 взамен БНД 60/90 и БНД 40/60, а также поверхностно-активные вещества ПАВ катионного типа (АМДОР, КАП, ДОРОС и др.) в количестве 0,5...1,0% массы битума.

Температура асфальтобетонной смеси на месте укладки должна быть не ниже, указанной в табл. 31.3.

Таблица 31.3

Температура асфальтобетонной смеси на месте укладки

Толщина укладываемого слоя, см	Минимальная температура смеси (°C) при температуре воздуха (при скорости ветра, м/с)		
	0 °C	–5 °C	–10 °C
5	145 (до 6)	150 (до 6)	155 (до 6)
	155 (свыше 6)	160 (свыше 6)	165 (свыше 6)
10	135 (до 6)	140 (до 6)	145 (до 6)
	140 (свыше 6)	145 (свыше 6)	150 (свыше 6)

Кузова автомобилей-самосвалов, доставляющих асфальтобетонную смесь, должны в обязательном порядке иметь обогрев и утепленный трехслойный тент.

При укладке асфальтобетонных покрытий при отрицательных температурах воздуха целесообразно использовать асфальтосмесительные установки с накопительными бункерами вместимостью, не превышающей часовую производительность АБЗ.

Зимой на АБЗ целесообразно выпускать литые асфальтобетонные смеси, брикеты, плитки для полов производственных предприятий, холодные ремонтные смеси для неотложных ремонтных работ.

31.5. Переработка старого асфальтобетона (регенерация) на асфальтобетонном заводе

Увеличение объемов ремонтных работ требует существенного снижения их стоимости за счет совершенствования ресурсосберегающих технологий, предусматривающих переработку и повторное использование старого асфальтобетона на АБЗ.

Регенерация старого асфальтобетона на АБЗ позволяет использовать весь снятый с дороги старый асфальтобетон, экономить энергию и материальные ресурсы при устройстве дорожных одежд автомобильных дорог.

Для заводской переработки используют старый асфальтобетон, полученный путем холодного фрезерования либо путем разлома бульдо-

зерами, автогрейдерами или другими машинами. В последнем случае кусковой асфальтобетон измельчают в дробильно-сортировочных установках до размеров, не превышающих 40 мм, при приготовлении крупнозернистых смесей. Кусковой асфальтобетон с высоким содержанием битума целесообразно дробить при температуре воздуха не выше 15...20 °С. При более высоких температурах материал налипает на рабочие органы дробильных установок. В случаях налипания эффективность дробления можно повысить периодической обработкой щек дробилки мыльной водой либо путем добавления минеральных материалов (песка или щебня) в количестве до 30% по массе асфальтобетона.

Дробленный асфальтобетон целесообразно сразу же использовать для приготовления асфальтобетонных смесей. При необходимости хранения материал складировуют в штабели высотой не более 2...3 м.

Для предотвращения слеживания слой измельченного асфальтобетона пересыпают прослойками из песка. Периодически материал перемешивают экскаватором.

Основная задача технологического процесса — уменьшить влияние высокотемпературной обработки на свойства вяжущего в старом асфальтобетоне, а также обеспечить защиту окружающей среды от загрязнения. При этом стремятся к максимальному использованию старого асфальтобетона в составе регенерированной смеси.

Для получения регенерированной асфальтобетонной смеси используют смесительные установки периодического действия и барабанные смесительные установки непрерывного действия.

При регенерации асфальтобетона в смесительных установках периодического действия нагрев старого асфальтобетона обеспечивается в основном за счет теплообмена с перегретыми минеральными материалами.

Преимущество данной технологии заключается в возможности использования существующих смесительных установок без их переустройства или с незначительным переустройством. В последнем случае осуществляют такие мероприятия, как установку экрана перед горелкой сушильного барабана для снижения температуры и частичного предохранения битума в составе старого асфальтобетона от прямого нагревания пламенем, либо установку дополнительного сушильного барабана для разогрева старого асфальтобетона при более низких температурах по сравнению с температурой разогрева новых минеральных материалов.

Подачу старого асфальтобетона осуществляют непосредственно в смеситель либо к минеральным материалам, прошедшим через сушильный барабан (рис. 31.10).

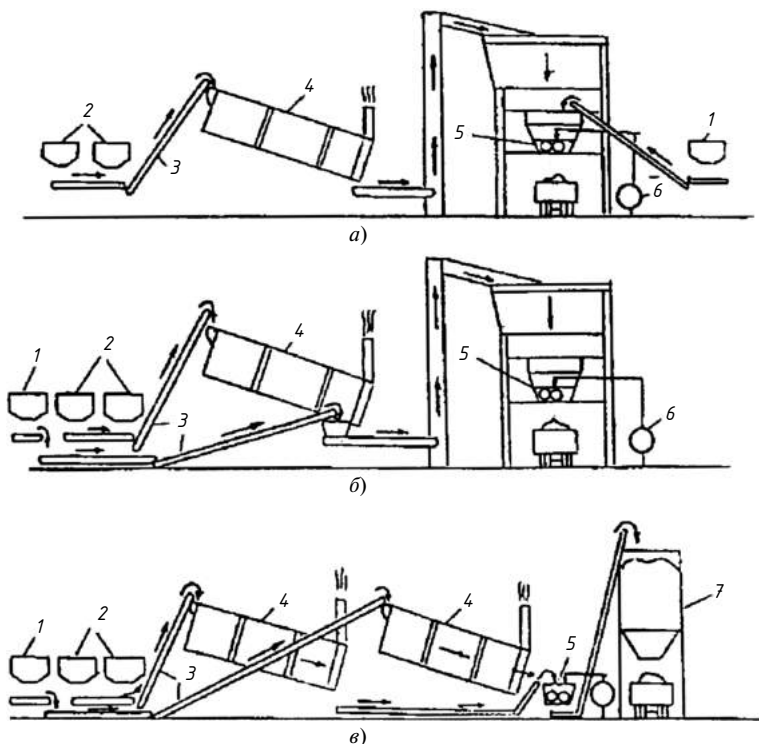


Рис. 31.10. Регенерация асфальтобетона в смесителях периодического действия:

- а* — с подачей старого асфальтобетона непосредственно в смеситель;
- б* — с подачей старого асфальтобетона к минеральным материалам, прошедшим через сушильный барабан; *в* — с использованием двоянного сушильного барабана; 1 — старый асфальтобетон; 2 — новые минеральные материалы; 3 — транспортер; 4 — сушильный барабан; 5 — смеситель; 6 — битум; 7 — накопительный бункер

Максимальное количество старого материала при использовании данной технологии не должно превышать 20...30% массы регенерированной смеси.

Для обеспечения требуемой температуры регенерированной смеси температура новых добавленных каменных материалов должна составлять около 220...260 °С.

Конкретное значение температуры нагрева новых минеральных материалов определяется количеством старого асфальтобетона в составе регенерированной смеси, ее требуемой температурой, а также влажностью старого асфальтобетона.

Зависимость температуры новых минеральных материалов от указанных факторов приведена на рис. 31.11.

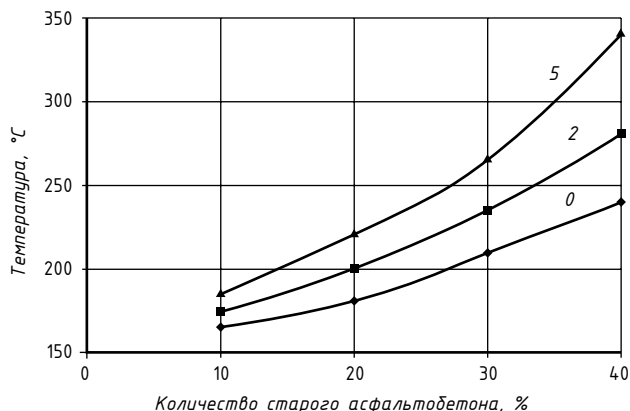


Рис. 31.11. Зависимость температуры нагрева новых минеральных материалов от количества старого асфальтобетона в составе регенерированной смеси при требуемой температуре смеси 140 °C (цифры на кривых соответствуют влажности старого асфальтобетона)

При переработке асфальтобетона в установках со сдвоенным сушильным барабаном используется последовательно прямой нагрев старого асфальтобетона и его догрев от перегретых каменных материалов (рис. 31.12, в).

Температура в первом сушильном барабане, где нагреваются минеральные материалы, существенно выше по сравнению с температурой во втором барабане, который применяют для прямого нагрева старого асфальтобетона. Окончательный разогрев старого асфальтобетона осуществляется путем теплообмена с перегретыми минеральными материалами в процессе перемешивания.

В качестве теплоносителя во втором барабане могут быть использованы отработанные горячие газы из первого барабана, что позволяет существенно уменьшить энергоемкость технологического процесса, а также готовить регенерированные смеси, содержащие до 70% старого асфальтобетона.

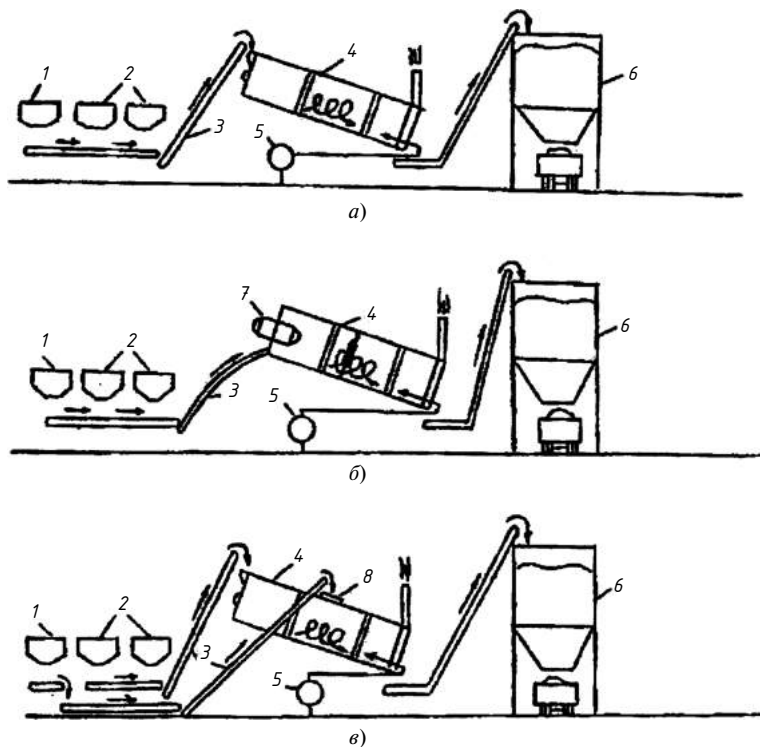


Рис. 31.12. Регенерация асфальтобетона в барабанных смесительных установках: *а* — непосредственно с нагревом материалов; *б* — с теплорассеивающим экраном; *в* — с отдельной подачей материалов; 1 — старый асфальтобетон; 2 — новые минеральные материалы; 3 — транспортер; 4 — барабанный смеситель; 5 — битум; 6 — накопительный бункер; 7 — теплорассеивающий экран; 8 — гравитационный затвор

Барабанные смесительные установки непрерывного действия получили широкое развитие за рубежом, в частности в США, Англии, Франции, Италии.

В стандартных барабанных смесителях можно осуществлять прямой нагрев старого асфальтобетона вместе с минеральными материалами, поступающими из последовательно включенных дозаторов (см. рис. 31.12, *а*).

Незначительное изменение конструкции смесителя позволяет заметно уменьшить загрязнение воздуха и устранить перегрев вяжущего в старом асфальтобетоне. Такой модификацией смесительного агрегата является смеситель с защитным теплорассеивающим экраном,

препятствующим непосредственному контакту пламени с материалом (см. рис. 31.12, б).

Другой модификацией технологии является раздельная подача старого асфальтобетона и минеральных материалов. В данном случае минеральные материалы, как и в обычных барабанных смесителях, подаются в зону открытого племени горелки и нагреваются до температуры 150...220 °С. Старый асфальтобетон через гравитационно включаемые затворы поступает в среднюю часть смесителя, где температура теплоносителя существенно меньше. Минеральные материалы перемешиваются со старым асфальтобетоном и битумом в конечной части барабана. При этом происходит окончательный догрев старого материала (см. рис. 31.12, в).

Переработке асфальтобетона предшествует этап проектирования состава регенерированной смеси, приведенный на рис. 31.13.

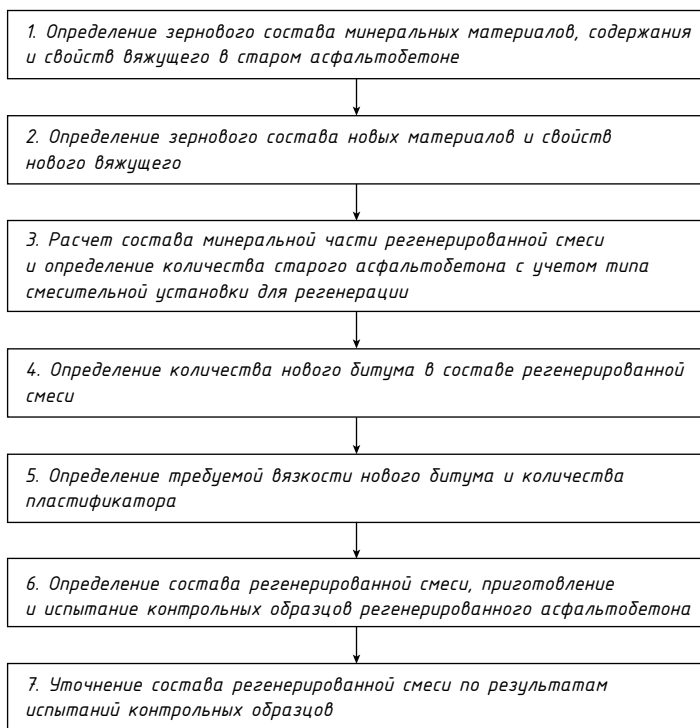


Рис. 31.13. Последовательность подбора состава регенерированного асфальтобетона

31.6. Автоматизация технологических процессов асфальтобетонного завода и контроль качества

Автоматизация технологических процессов на АБЗ позволяет улучшить условия труда, повысить качество смесей и производительность заводов, снизить себестоимость продукции, сократить количество обслуживающего персонала, обеспечить безопасность и надежность в работе.

Различают три стадии автоматизации АБЗ:

- 1) частичную, при которой автоматизированы отдельные операции, в то время как управление смежными операциями выполняется вручную;
- 2) комплексную, при которой автоматизирован весь технологический процесс;
- 3) полную, когда автоматизировано все производство и присутствие людей не обязательно.

В настоящее время автоматизация АБЗ в России находится на первом этапе. В перспективе планируется внедрение на АБЗ комплексной автоматизации технологических процессов на базе микропроцессорной системы управления асфальтосмесительной установкой.

В конструкциях асфальтосмесительных установок обеспечивается:

- автоматизированное и дистанционное дозирование по массе каменных материалов, битума, минерального порошка, их перемешивание и выдача в бункер готовой смеси;
- контроль и регулирование температуры каменных материалов и отходящих дымовых газов на выходе из сушильного барабана, температуры топлива и готовой смеси;
- автоматическое или дистанционное управление всеми основными узлами.

Отдельные асфальтосмесительные установки оснащены системой управления на базе промышленного контроллера и компьютера. Качество асфальтобетонной смеси, комфорт и простота при управлении обеспечиваются за счет использования современных комплектующих (контроллера и компьютера привода, плавного пуска и частотного регулирования, датчиков, автоматических выключателей, пускателей и т.д.), что обеспечивает высокую надежность системы.

Системы управления данных асфальтосмесительных установок позволяют обеспечить:

- автоматический пуск и автоматическую остановку всей асфальтосмесительной установки;
- автоматическое дозирование всех компонентов асфальтобетонной смеси с точностью не более 1%;
- возможность раздельного или одновременного управления четырьмя (при дополнительном заказе до 12) регулируемыми питателями подачи каменных материалов;
- управление подачей минерального порошка и битума;
- возможность получения смеси по заранее заданным рецептам (количество рецептов неограниченно);
- подачу сигналов о возникновении неисправностей и отклонениях от нормального технологического режима работы, выдачу на экран монитора сообщений о необходимых действиях оператора по устранению возникших неисправностей;
- быструю и точную настройку всех весовых и температурных датчиков;
- контроль всех параметров горелки сушильного барабана с выводом на монитор;
- учет времени работы каждого узла оборудования с возможностью задания времени работы оборудования до необходимого осмотра или технического обслуживания;
- звуковую предупредительную и аварийную сигнализацию.

31.7. Охрана труда и окружающей природной среды на асфальтобетонном заводе

Основными и ответственными исполнителями мероприятий по охране труда на АБЗ являются мастера цехов. Они обязаны проводить вводный инструктаж (при поступлении на работу), а также инструктажи на рабочем месте. Цель инструктажа — ознакомление с конкретной рабочей обстановкой на данном рабочем месте и безопасными приемами труда.

К управлению машинами, механизмами и оборудованием на АБЗ допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, имеющие удостоверения на право управления данной машиной, механизмом или оборудованием, признанные годными к данной работе медицинской комиссией и знающие требования техники безопасности ведения работ.

Рабочие и инженерно-технические работники АБЗ, занятые устройством и эксплуатацией электрических установок, должны быть обучены практическим приемам освобождения пострадавших от действия электрического тока и оказания им первой медицинской помощи.

Неизолированные провода, шины, контакты магнитных пускателей и предохранителей, находящиеся вне специально оборудованных помещений, должны быть со всех сторон ограждены или находиться на высоте, недоступной для прикосновения к ним.

По территории АБЗ на отдельных участках внутризаводских автомобильных дорог должны быть установлены предупреждающие и запрещающие знаки, хорошо видимые работающим на АБЗ персоналом в любое время суток.

Внутризаводские дороги и пешеходные дорожки в зимнее время должны регулярно очищаться от снега и льда и посыпаться песком или мелким шлаком.

АБЗ должны быть оборудованы душевыми, умывальниками, помещениями для сушки, обеспыливания и обеззараживания одежды и обуви.

Мероприятия по снижению вредных выбросов производственными предприятиями дорожного хозяйства должны предусматриваться уже на стадии составления проекта организации строительства автомобильной дороги, а также при проектировании генеральных планов предприятий.

Проектирование генеральных планов АБЗ с точки зрения соблюдения санитарно-гигиенических требований предусматривает расположение предприятий по отношению к жилым районам, сельскохозяйственным угодьям и другим экологически чувствительным зонам с учетом преобладающего движения воздушных масс (розы ветров), т.е. с подветренной стороны.

Размеры санитарно-защитных зон непосредственно от источника загрязнения на АБЗ до границ жилой застройки принимаются в соответствии с требованиями СН-245—71 и составляют: для АБЗ стационарного типа — 300 м (III класс по санитарной классификации); для инвентарного — 500 м (II класс по санитарной классификации).

Эксплуатация предприятий по производству дорожно-строительных материалов сопровождается значительным выделением загрязняющих веществ в окружающую среду. При этом не только теряется значительная часть дефицитного сырья, но и возникают условия для нарушения экологических требований и санитарно-гигиенических норм.

Источники загрязнения окружающей природной среды подразделяются на источники выделения и источники выбросов вредных веществ в атмосферу.

Источником выделения вредных веществ на АБЗ является технологический агрегат, установка, устройство, аппарат и т.п., выделяющие в процессе эксплуатации вредные вещества.

Источником выбросов вредных веществ является устройство (труба, аэроционный фонарь, вентиляционная шахта), посредством которого осуществляются выбросы вредных веществ в атмосферу.

Выбросы вредных веществ подразделяются на организованные и неорганизованные.

Организованными выбросами являются выбросы, отводимые от мест выделения системой газоотводов, что позволяет применять для их улавливания различные системы и оборудование.

Неорганизованными выбросами являются выбросы, возникающие вследствие негерметичности технологического оборудования, газоотводных устройств, резервуаров, открытых мест пыления и испарения.

Высокие и постоянно растущие экологические требования, предъявляемые к АБЗ, предопределяют расширение внедрения организационных, технических и технологических мероприятий, направленных на снижение вредных воздействий на окружающую природную среду.

К числу этих мероприятий в первую очередь следует отнести:

- совершенствование контроля за соблюдением технологических режимов и правил;
- строительство новых и повышение эффективности существующих очистных установок;
- совершенствование технологических процессов приготовления асфальтобетонных смесей.

Одним из наиболее простых методов уменьшения токсичных компонентов в выходных газах является замена сжигаемого в сушильных барабанах жидкого нефтяного топлива (в основном мазута) на газообразное. Специалисты Германии считают, что в перспективе наиболее экономичным в качестве топлива может стать уголь.

Важным направлением в целях сокращения выбросов на АБЗ является работа по совершенствованию структуры парка асфальтосмесительных установок в целях улучшения экологической обстановки на АБЗ.

В настоящее время наметилась тенденция к улучшению структуры парка асфальтосмесительных установок за счет замены их на более производительные с улучшенными экологическими характеристиками, в том числе и зарубежного производства.

Сушка и нагрев каменных материалов в сушильном барабане являются одними из главных технологических операций в производстве асфальтобетонных смесей. Мировой опыт показывает, что наиболее эффективно тепло- и массообменный процесс (сушка и нагрев) сыпучих сред осуществляется в виброкипящем слое. При этом экономия топлива достигает 30% и более.

С ужесточением требований к очистке газов целесообразно более широкое внедрение тканевых фильтров вместо мокрой очистки. Однако стоимость подобных устройств (в частности, при использовании тканевого фильтра) достигает 10...15% стоимости всего технологического оборудования АБЗ. Эти причины привели к необходимости дальнейших разработок, направленных на совершенствование технологических процессов приготовления асфальтобетонных смесей:

- применение герметичных бункеров и силосов для минерального порошка, а также пневмотранспорта для его перемещения к асфальтобетонной установке;

- использование минеральных заполнителей, отвечающих требованиям государственных стандартов по содержанию в них пылевидных и глинистых частиц;

- применение совершенных топочных устройств, установка газоанализаторов и кислородомеров для подбора оптимального режима сжигания топлива;

- оснащение асфальтобетонных установок устройствами для непрерывного контроля эффективности пылеулавливания;

- разработка новых технологичных способов приготовления асфальтобетонных смесей, отличающихся от принятой технологии меньшим пылеобразованием.

Одна из технологий характерна тем, что влажный каменный материал вначале обрабатывается вяжущим, а затем уже полученная смесь нагревается до рабочей температуры.

Технология приготовления смесей включает (рис. 31.14): дозирование холодного и влажного щебня, песка, а также минерального порошка в смеситель; дозирование туда же горячего битума; перемешивание 10...15 с; выгрузку в промежуточный бункер и подачу в сушильно-смесительный барабан специальной конструкции, в котором происходят разогрев, просушивание и перемешивание смеси.

Такая технология относится к экологически чистой за счет того, что в сушильно-смесительном барабане битум, расплавляясь уже при температуре 70...80 °С, связывает мелкие частицы в притопочной зоне барабана, уменьшая вынос пыли. При этом концентрация твердых частиц

в отходящих из барабана газах оказывается меньше, чем в газах обычных асфальтосмесительных установок после очистки их в циклонах.

В целях обеспечения экологических требований на АБЗ в мировой и отечественной практике все большее распространение получает приготовление холодных влажных органоминеральных смесей (ВОМС). Эти смеси содержат минеральный материал выбранного гранулометрического состава и жидкое органическое вяжущее. Их приготовление и укладка осуществляются в холодном состоянии (см. главу 18). Смеси приготавливают в обычных асфальтосмесительных установках, дооборудованных системой подачи и дозирования воды.

Технология производства ВОМС отличается простотой, обеспечивает экологическую чистоту (исключается операция по просушке минерального материала) и может быть реализована как при положительной, так и при отрицательной температуре (до -10°C). Приготовленную смесь можно хранить в штабеле до 6...12 мес.

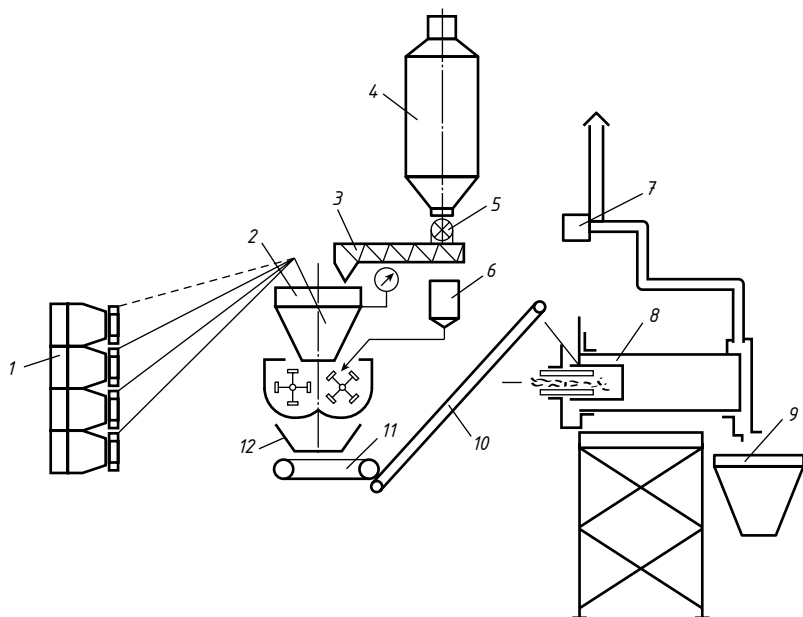


Рис. 31.14. Технологическая схема асфальтобетонной установки по экологически чистой технологии:

- 1 — агрегат питания; 2 — весовой бункер дозатора; 3 — шнек-питатель; 4 — силос минерального порошка; 5 — роторный питатель; 6 — дозатор битума; 7 — система газоочистки; 8 — приемный бункер; 9 — сушильный барабан-смеситель; 10 — ленточный транспортер; 11 — ленточный питатель; 12 — приемный бункер

ГЛАВА 32. ЗАВОДЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

32.1. Классификация заводов и технология изготовления изделий

Цементобетонный завод (ЦБЗ) — смонтированный комплекс технологического, энергетического и вспомогательного оборудования, предназначенного для выполнения операций по приготовлению бетонных смесей.

Различают два типа бетонных заводов: прирельсовые и притрассовые.

Прирельсовые ЦБЗ устраивают у железной дороги. Они включают в свой состав ряд отделений основного и вспомогательного назначения:

- склады каменных материалов, состоящие из приемных устройств для разгрузки железнодорожных вагонов и укладки каменных материалов в штабеля, машин и устройств для погрузки каменных материалов из штабелей в расходные бункера смесительных установок;

- склады цемента, состоящие из приемных устройств, разгрузчиков вагонов, оборудования для транспортирования цемента на склады и от них в расходные бункеры бетоносмесительных устройств;

- бетоносмесительные установки, включающие расходные бункеры для каменных материалов и емкости для цемента, резервуары для воды и специальных добавок, технологическое оборудование для дозирования компонентов и приготовления бетонной смеси, узлы выдачи готовой смеси в автомобильный транспорт;

- вспомогательные отделения — электростанции или трансформаторные подстанции, парокотельные и компрессорные устройства, устройства водоснабжения и канализации, служебные и жилые помещения.

В отличие от прирельсовых притрассовые ЦБЗ организуются вблизи мест укладки бетонной смеси и предназначены для кратковременного использования (не более одного года) на одном месте.

Притрассовые цементобетонные заводы состоят из дозирочного и смесительного отделений, расходных складов заполните-

лей и цемента, передвижных компрессорных установок и электростанций.

В соответствии с организацией процессов приготовления и транспортирования бетонных смесей ЦБЗ подразделяются на заводы с законченным и незаконченным циклом.

Заводы с законченным циклом производят готовую бетонную смесь, затворенную водой и перемешанную. Заводы с незаконченным циклом выдают отдозированную сухую смесь, которой загружаются секционные автомобили-самосвалы, автобетоносмесители и контейнеры.

По принципу работы технологического оборудования ЦБЗ подразделяются на две категории: циклические и непрерывные.

По мощности бетоносмесительных установок ЦБЗ подразделяются на следующие типы: малые — производительностью до 30 м³/ч; средние — 30...90 м³/ч; большие — 90...240 м³/ч; сверхмощные — 240...480 м³/ч.

По компоновке технологического оборудования в вертикальной плоскости ЦБЗ и установки подразделяются на башенные и партерные. По степени инвентарности цементобетонные заводы и установки подразделяются на стационарные, передвижные и мобильные.

Особенности размещения ЦБЗ. Опыт строительства магистральных автомобильных дорог с цементобетонным покрытием показал, что наиболее оптимальным вариантом является вариант раздельного размещения притрассового ЦБЗ и прирельсовой разгрузочной базы для компонентов цементобетонной смеси.

При организации совместной работы притрассовых ЦБЗ и прирельсовых баз руководствуются следующими правилами: вдоль строящейся автомобильной дороги на выбранные площадки для размещения притрассовых ЦБЗ заранее, преимущественно в зимний период, с прирельсовой базы вывозят крупный заполнитель; песок вывозят на стоянку притрассового ЦБЗ лишь с незначительным опережением времени на его передислокацию.

В сочетании с прирельсовой базой применение притрассовых ЦБЗ обеспечивает: сокращение дальности транспортирования готовой смеси, что положительно влияет на темп и качество работ; возможность более равномерного распределения объемов перевозок каменных материалов в течение года, благодаря чему сокращается потребность в технологическом транспорте в строительный сезон; упрощение технологических и организационных схем прирельсовых баз и притрассовых ЦБЗ для приготовления цементобетонных смесей.

32.2. Генеральный план цементобетонного завода

Прирельсовые и притрассовые ЦБЗ организуются на базе бетоно-смесительных установок различного типа. При этом следует отдавать предпочтение бетоносмесительным установкам цикличного действия, обеспечивающим более точное дозирование компонентов бетонной смеси, регулирование ее подвижности и времени перемешивания.

Основные технические решения вновь строящихся прирельсовых и притрассовых ЦБЗ должны соответствовать действующим типовым проектам. Способы приемки песка, щебня (гравия) и цемента, их складирование и внутризаводское транспортирование должны исключить возможность ухудшения их качества и загрязнения окружающей среды.

Целесообразно иметь на прирельсовом ЦБЗ два тупика: для заполнителей и цемента. Железнодорожные пути лучше располагать на повышенной части для уменьшения объема земляных работ при сооружении складов.

На территории ЦБЗ кроме основного технологического оборудования размещаются: дозировочное отделение, механическая мастерская, материально-технический склад, трансформаторная подстанция или передвижная электростанция, лаборатория контроля материалов, склад горюче-смазочных материалов, контора и бытовые помещения.

Проектные решения ЦБЗ необходимо составлять с учетом требований противопожарных норм проектирования зданий и сооружений. Пожарные участки технологических линий ЦБЗ оборудуют средствами тушения по согласованию с местной пожарной инспекцией.

Решение генеральных планов прирельсовых ЦБЗ подчиняется общим требованиям с учетом:

- получения по железной дороге фракционного щебня, песка и резервирования в отдельных случаях на площадке завода территории для сортировочно-моечного отделения;

- обеспечения нормативных сроков разгрузки поступающих по железной дороге заполнителей и цемента;

- использования для хранения заполнителей открытых площадок, а для хранения цемента — складов силосного типа, оборудованных системой пневмотранспорта;

- обеспечения минимального объема строительно-монтажных работ при строительстве базы и монтаже (демонтаже) оборудования и строительных конструкций при перебазировании.

Территория, на которой располагается прирельсовый ЦБЗ, должна быть благоустроена и иметь подъездные пути, водоотвод, ограду и освещение для работы в темное время суток и при плохой видимости.

Покрытие на открытых площадках для хранения заполнителей и на основных проездах рекомендуется устраивать как из монолитного и сборного бетона, так и из асфальтобетона. Площадки притрассовых ЦБЗ, особенно на путях движения автомобилей-самосвалов, должны иметь твердое покрытие. Движение автомобилей на территории ЦБЗ организуется по кольцевой схеме без пересечений путей движения. На площадках и путях движения должен быть обеспечен хороший водоотвод.

Прирельсовый ЦБЗ производительностью 240 м³/ч (рис. 32.1) включает: склад каменных материалов вместимостью 70 тыс. м³ с подрельсовым бункером и радиально-штабелирующим конвейером РШК-30М, отделение подачи каменных материалов с их погрузкой и выдачей со склада в расходные бункеры фронтальными погрузчиками, отделение грохочения песка, два силосных склада цемента общей вместимостью 3,0 тыс. т, битумохранилище вместимостью 500 т, склад нефтепродуктов вместимостью 350 м³, хранилище пленкообразующих материалов, мазутоохранилище, разгрузочную рампу, бетоносмесительное отделение на базе двух бетоносмесительных установок СБ-109, узел приготовления водных растворов добавок, вспомогательные отделения.

На притрассовом ЦБЗ (рис. 32.2) минеральные материалы доставляются автомобильным транспортом и выгружаются у соответствующего штабеля склада. Надвижка материалов в штабели выполняется бульдозерами или фронтальными погрузчиками. Расчетная высота штабелей — 5 м. Площадки под штабели устраивают с покрытиями из каменного отсева толщиной 12 см. Подача каменных материалов со склада к разгрузочным бункерам смесительной установки производится одноковшовыми фронтальными погрузчиками на пневмоколесном ходу.

Хранение цемента предусматривается в расходном силосном складе мобильного типа. Обеспечение сжатым воздухом осуществляется от компрессорных установок на базе передвижных компрессорных станций.

Для технического обслуживания и текущего ремонта технологического оборудования инженерных сетей и коммуникаций на заводе должна быть ремонтно-механическая мастерская.

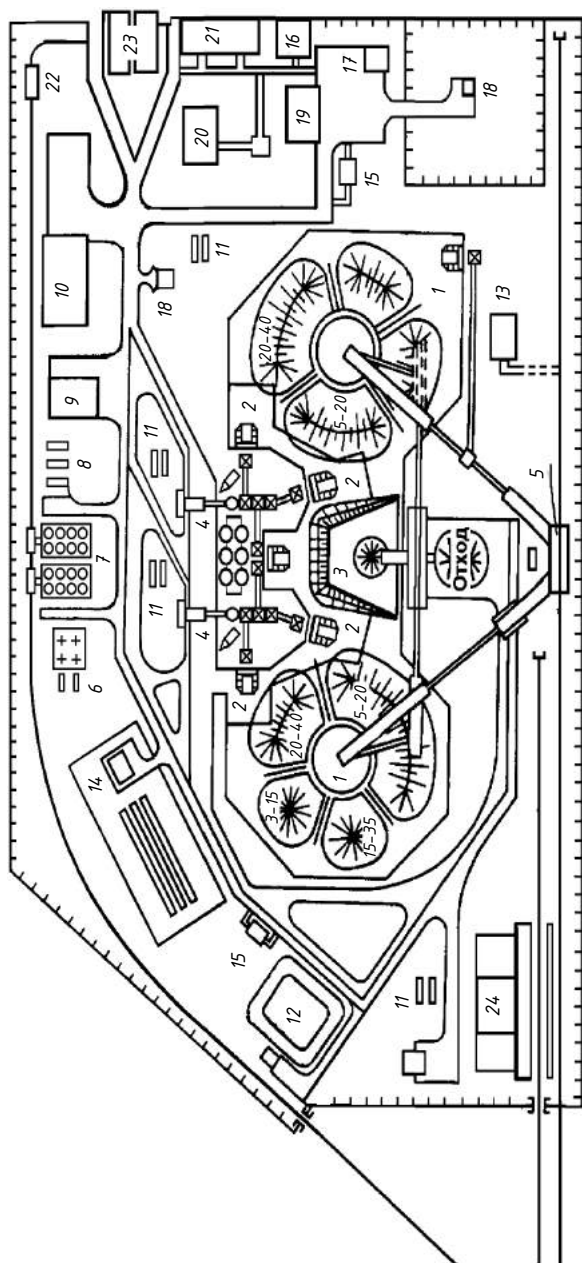


Рис. 32.1. Прирельсовый ЦБЗ:

- 1 — склад каменных материалов; 2 — отделение подачи каменных материалов; 3 — отделение грохочения песка; 4 — бетономесительное отделение; 5 — подрельсовый бункер; 6 — компрессорная установка; 7 — склад цемента; 8 — хранилище пленкообразующих материалов; 9 — трансформаторная подстанция; 10 — отделение для приготовления водных растворов добавок; 11 — резервуары для запаса воды; 12 — склад нефтепродуктов; 13 — котельная; 14 — канализационные очистные сооружения; 15 — туалет; 16 — площадка для открытых ремонтных работ; 17 — материально-технический склад; 18 — артезианские скважины; 19 — ремонтно-механическая мастерская; 20 — столовая; 21 — контора с лабораторией; 22 — разгрузочная рампа; 23 — весовая; 24 — битумохранилище

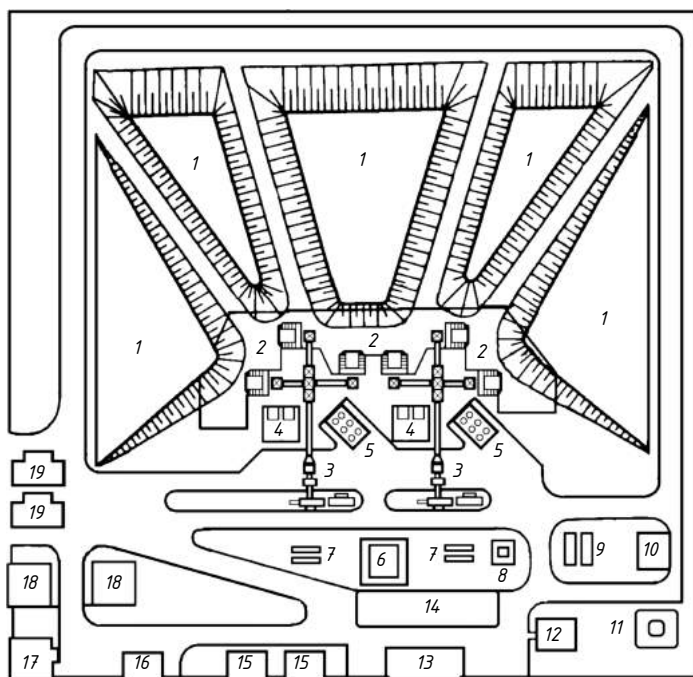


Рис. 32.2. Притрассовый ЦБЗ:

1 — склад каменных материалов; 2 — отделение подачи каменных материалов; 3 — бетоносмесительное отделение; 4 — компрессорная установка; 5 — склад цемента; 6 — отделение для приготовления водных растворов добавок; 7 — резервуары для запаса воды; 8 — трансформаторная подстанция; 9 — резервуары для запаса воды; 10 — навес для тарного хранения материалов; 11 — склад нефтепродуктов; 12 — котельная; 13 — ремонтно-механическая мастерская; 14 — площадка для открытых ремонтных работ; 15 — туалет; 16 — столовая; 17 — контора с лабораторией; 18 — бытовые помещения; 19 — весовая с автомобильными весами

Для систематического контроля технологического процесса приготовления бетонной смеси и качества исходных материалов, поступающих на завод, в составе ЦБЗ предусмотрена лаборатория.

Размещение отделений вспомогательного назначения осуществляется в мобильных зданиях и сооружениях контейнерного типа. В отличие от ранее действующих предприятий стационарного типа сборно-разборные и мобильные притрассовые ЦБЗ запроектированы с учетом значительного сокращения объемов работ при строительстве и передислокации заводов. В этих целях широко используются сборно-разборные конструкции, блочное технологическое оборудова-

ние, а транспортные операции по подаче каменных материалов осуществляются одноковшовыми фронтальными погрузчиками на пневмоколесном ходу.

Использование указанных ЦБЗ обеспечивает уменьшение строительно-монтажных работ на 20...30%, снижение приведенных затрат на приготовление 1000 м³ бетонной смеси на 5...10%, сокращение затрат труда на 10...20%, повышение качестваготавливаемых смесей.

32.3. Технологические процессы приготовления цементобетонных смесей

Приготовление цементобетонной смеси складывается из следующих операций: сортировки каменных материалов; дозирования компонентов смеси; перемешивания каменных материалов с цементом, водой и специальными добавками.

Для приготовления бетонных смесей рекомендуется применять ингредиенты, имеющие минимальную изменчивость свойств. Это обеспечивает стабильность технологических свойств бетонной смеси.

Для улучшения свойств бетона и снижения расхода цемента в бетонную смесь вводят пластифицирующие и воздухововлекающие добавки.

Основным технологическим оборудованием бетоносмесительных установок являются дозаторы и бетоносмесители.

Для получения бетонной смеси заданного состава необходимо точно дозировать количество компонентов бетонной смеси перед их поступлением в бетоносмеситель. Требуемое количество компонентов можно измерять по объему или массе. Отклонение от заданного количества содержания дозы того или иного материала называют погрешностью дозирования и измеряют в процентах. В соответствии с ГОСТ 7473—2010 допускаемая погрешность дозирования не должна превышать для цемента, воды, сухих химических добавок, рабочего раствора жидких химических добавок $\pm 1\%$, заполнителей $\pm 2\%$.

Устройства для отмеривания компонентов смеси называют дозаторами. По характеру работы их подразделяют на дозаторы циклического и непрерывного действия.

По методу дозирования различают дозаторы объемные, весовые и смешанные (объемно-весовые).

По степени автоматизации различают дозаторы с ручным дистанционным и автоматическим управлением.

Объемные дозаторы просты по конструкции, но точность дозирования их невысока, так как щебень, песок и другие материалы при различной влажности, крупности и плотности имеют различную массу при одном и том же объеме.

Объемное дозирование сыпучих материалов иногда применяется на отдельно стоящих смесителях, в некоторых смесительных установках непрерывного действия малой производительности. По объему точно дозировать можно только жидкость, поскольку ее плотность при постоянной температуре изменяется незначительно.

Весовые дозаторы сыпучих материалов сложнее по конструкции, но обеспечивают дозирование с меньшей погрешностью. Влияние ряда факторов (крупности, плотности, высоты падения и степени уплотнения материалов) на точность дозирования в значительной степени сглаживается. Данный вид дозирования используют на всех бетоносмесительных установках средней и большой производительности.

При объемно-весовом дозировании (например, при дозировании заполнителей для производства керамзитобетона) один из материалов (керамзит) дозируют по объему и обязательно обеспечивают суммарную массу этого и другого материала (песка).

По схеме подвески весовых бункеров различают рычажные и безрычажные дозаторы на тензометрических преобразователях, в которых масса материала воспринимается тензорезисторами и преобразуется в электрические сигналы, передаваемые в систему автоматики бетоносмесительного завода или цеха. Дозаторы на тензометрических преобразователях по сравнению с рычажными проще по конструкции и обеспечивают дозирование с меньшей погрешностью.

Автоматические весовые дозаторы циклического действия предназначены для установки на цементобетонных заводах, оборудованных бетоносмесителями циклического действия. Весовые дозаторы выпускают для цемента, заполнителей и жидкости.

При приготовлении бетонных смесей необходимо равномерно распределить компоненты в смеси, а также выполнить ряд других требований.

При смешивании из различных частиц по размеру, форме и происхождению материалов должна образоваться однородная смесь. Для этого применяют смесительные агрегаты, которые классифицируют по характеру работы, способам установки и смешивания.

По характеру работы различают бетоносмесители циклического и непрерывного действия.

В смесителях циклического действия исходные материалы загружают отдельными порциями, причем каждая новая порция подается в смеситель, после того как из него будет выгружен предыдущий замес. Циклические смесители, получившие наибольшее распространение, позволяют регулировать продолжительность смешивания. Их применяют, когда нужно производить бетонные смеси различных марок и составов.

Основной параметр бетоносмесителя циклического действия — объем готового замеса. Также учитывают вместимость смесителя по загрузке, указанные показатели в технических характеристиках обозначают в виде дроби, например: $^{500}/_{750}$, где 500 — объем готового замеса смесителя, 750 — вместимость по загрузке.

В смесителях непрерывного действия загрузка исходных компонентов, перемещение и выгрузка готовой смеси осуществляются непрерывно. Бетоносмесители непрерывного действия компактные, их металлоемкость меньше, они больше приспособлены к работе на автоматизированных ЦБЗ. Смесители непрерывного действия применяют при производстве бетона одного состава. Основным параметром, характеризующим такой смеситель, является его производительность, которая регулируется различными способами.

В зависимости от способа перемешивания компонентов бетонной смеси бетоносмесители подразделяются на гравитационные (барабанные), тарельчатые (принудительного действия с вертикально расположенными смесительными валами), лотковые (принудительного действия с горизонтально расположенными смесительными валами).

Гравитационные смесители просты по конструкции, в обслуживании и эксплуатации, имеют несложную кинематическую схему, могут работать на смесях с крупностью заполнителя до 150 мм. У них незначительно изнашиваются рабочие органы. Их основной недостаток — малая производительность и неэкономичность работы при приготовлении жестких и малоподвижных бетонных смесей.

Бетоносмесители принудительного действия, как правило, обеспечивают возможность приготовления смесей любой удобоукладываемости, меньшую продолжительность перемешивания и неоднородность смеси. Применение смесителей принудительного действия связано со значительным износом рабочих элементов, высокой энергоемкостью процесса, работой на смесях с ограниченной крупностью заполнителей (до 70...80 мм). Однако, несмотря на отмеченные недостатки, смесители принудительного действия эффективнее гравитационных.

По способу установки бетоносмесители бывают передвижные и стационарные. Гравитационные бетоносмесители передвижного типа, предназначенные для обслуживания объектов с малым объемом работ, используются в дорожном строительстве ограниченно. Гравитационные стационарные бетоносмесители циклического действия используют при оборудовании стационарных цементобетонных заводов и установок, а также иногда для работы в качестве отдельных установок на мелких дорожно-строительных объектах.

32.4. Бетоносмесительные установки

Бетонную смесь на ЦБЗ приготавливают в автоматизированных установках циклического и непрерывного действия с гравитационным или принудительным смешением материалов.

У бетоносмесительных установок циклического действия процесс приготовления представляет собой цикл последовательно чередующихся операций. При этом дозируют по массе определенные дозы составляющих смеси, соответствующие вместимости смесителя. Отдозированные материалы поступают в смеситель. Продолжительность перемешивания в установках циклического действия устанавливает экспериментально лаборатория ЦБЗ.

В установках непрерывного действия операции дозирования, смешения и выдачи готовой смеси совмещены по времени. Материалы непрерывным потоком поступают в смеситель, где по мере прохождения от загрузочного отверстия к разгрузочному смешиваются, а затем непрерывным потоком готовая смесь выходит из смесителя.

При возможности выбора в первую очередь следует применять бетоносмесительные установки циклического действия, затем непрерывного с принудительным перемешиванием и в последнюю очередь непрерывного действия с гравитационным перемешиванием.

Различают установки башенного и партерного типа, что определяет устройство ЦБЗ по той или иной схеме. Технологическое оборудование башенного типа (рис. 32.3) располагают по вертикали. Составляющие бетонной смеси подаются на верхний этаж бетоносмесительной установки, оттуда последовательно перемещаются в бункеры, дозаторы, бетоносмеситель. Эти бетоносмесительные установки занимают малую площадь и могут размещаться в условиях города с крупным строящимся сооружением или в районах массовой застройки.

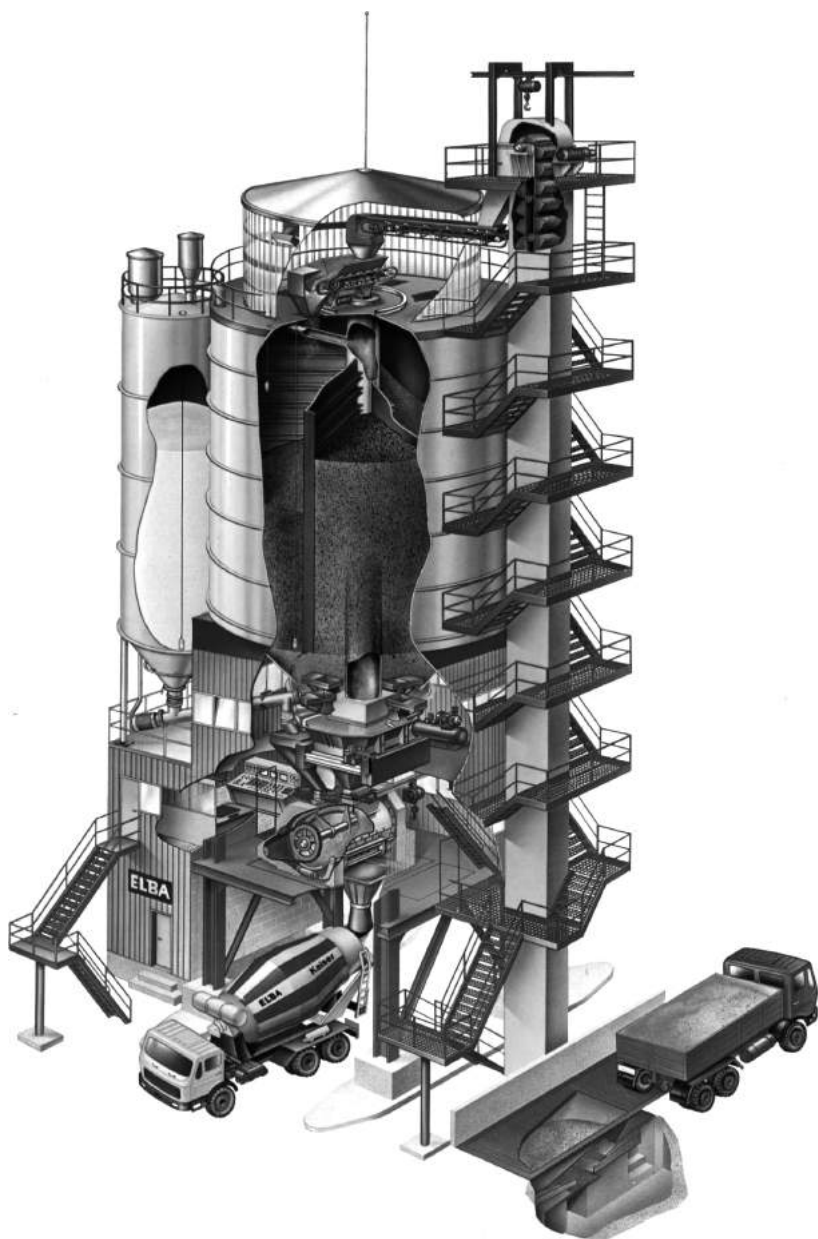


Рис. 32.3. Бетономесительная установка башенного типа

При партерной схеме составляющие бетонной смеси совершают двукратный подъем на пути к бетоносмесителю. Партерные бетоносмесительные установки (рис. 32.4) характеризуются большим количеством механизмов и очагов пыления, требуют большей площади в сравнении с башенными, легче и быстрее монтируются и демонтируются.

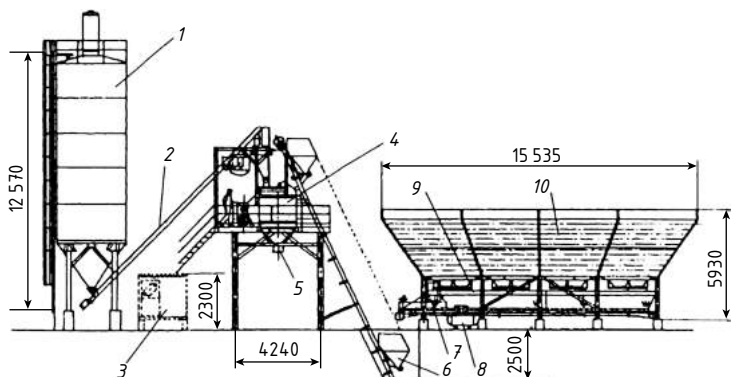


Рис 32.4. Бетоносмесительная установка партерного типа:

- 1 — цементный силос; 2 — шнек; 3 — пульт управления; 4 — бетоносмеситель;
5 — разгрузочная воронка для бетонной смеси; 6 — скиповый подъемник;
7 — контрольная панель; 8 — компрессор; 9 — дозаторы каменных материалов; 10 — расходный бункер каменных материалов

В зависимости от возможности передислокации в процессе производства работ на другие объекты различают стационарные, передвижные и мобильные бетоносмесительные установки.

Критерием отнесения бетоносмесительных установок к передвижным или мобильным является срок их монтажа. Срок монтажа передвижных бетоносмесительных установок составляет 3...6 сут. Мобильные бетоносмесительные установки собираются на объекте в течение одного дня и не требуют специальных фундаментов. Для стационарных бетоносмесительных установок срок перебазирования с одного объекта на другой составляет несколько месяцев.

Передвижные и мобильные бетоносмесительные установки выпускаются, как правило, партерного размещения. Для приема и дозирования каменных материалов в передвижных и мобильных бетоносмесительных установках применяется горизонтальный ряд соединенных бункеров. Щебень и песок подаются в эти бункеры пневмоколесными погрузчиками.

В России на объектах дорожного строительства широко используются бетоносмесительные установки непрерывного и циклического действия в сборно-разборном и мобильном исполнении производства ОАО «Бетонмаш» (Украина) и ОАО «345-й мехзавод» (Россия).

Сборно-разборные бетоносмесительные установки непрерывного действия с принудительным перемешиванием ОАО «Бетонмаш» предназначены для приготовления жестких и малоподвижных бетонных смесей с крупностью каменных материалов до 70 мм.

В состав установок, которые отличаются друг от друга массой и габоритными размерами, входят следующие основные узлы: дозирочный блок для каменных материалов, блок дозатора цемента, расходный бункер цемента, смесительный блок, наклонный конвейер, блок водопитания и блок управления. Установки могут не только выдавать готовые бетонные смеси, но и загружать автобетоносмесители отдозированными компонентами бетона (рис. 32.5).

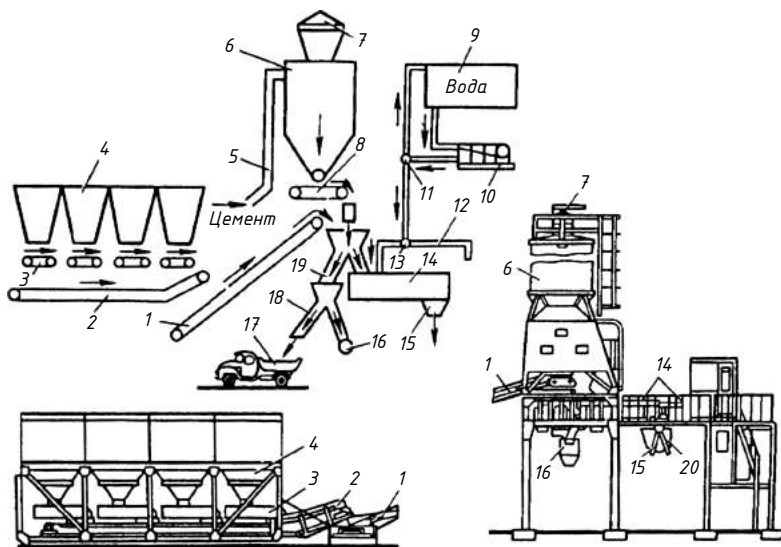


Рис. 32.5. Бетоносмесительная установка непрерывного действия:

- 1 — наклонный ленточный транспортер; 2 — горизонтальный сборный транспортер; 3 — дозатор непрерывного действия; 4 — бункеры для заполнителей; 5 — цементопровод; 6 — расходный бункер цемента; 7 — фильтр; 8 — дозатор цемента; 9 — резервуар для хранения воды; 10 — насос-дозатор; 11, 13 — трехходовые краны; 12 — рукав для отвода воды; 14 — двухвальный смеситель; 15 — накопительный бункер; 16 — поверочный дозатор; 17 — автомобиль-самосвал; 18 — нижняя двухрукавная течка; 19 — верхняя двухрукавная течка; 20 — челюстной затвор накопительного бункера

Все технологическое, контрольно-измерительное оборудование установок непрерывного действия со свободным перемешиванием, а также системы автоматики и управления размещены по отдельным мобильным блокам, выполненным в виде полуприцепов и оборудованным колесными парами для транспортирования их тягачами. Блочная конструкция позволяет сократить время монтажа и демонтажа на дорожно-строительном объекте и упростить перемещение установок автомобилями.

ОАО «345-й механический завод» выпускает бетоносмесительные установки циклического действия в стационарном и мобильном исполнении производительностью от 25 до 50 м³/ч.

Малогабаритная бетоносмесительная установка предназначена для приготовления бетонных и растворных смесей, а также может быть использована в качестве приобъектной бетоносмесительной установки. Установка представляет собой сборно-разборную конструкцию из двух блоков полной заводской готовности.

За рубежом для производства бетонных смесей широко используют передвижные и мобильные бетоносмесительные установки, чаще всего циклические с принудительным перемешиванием, обеспечивающие более точное дозирование компонентов и требуемые свойства бетонных смесей по однородности и объему вовлекаемого воздуха.

Стационарные бетоносмесительные установки, занимающие мало площади, используются в городских условиях или рядом со строительством дорог либо взлетно-посадочных полос аэродромов.

Заслуживают внимания бетоносмесительные установки таких известных фирм и компаний, как Tescwill (Финляндия); Liebnerr, Elba-werk GmbH, Lintec (Германия); ORU, группы IWER GROUP (Италия), Terex (США) и др.

Фирмой Tescwill (Финляндия) выпускаются мобильные бетоносмесительные установки Cobra партерного типа производительностью от 60 до 120 м³/ч. Они легко транспортируются и собираются благодаря шарнирному соединению и передвижному переносному фундаменту, изготовленному из металлических балок. Установка перевозится как одно целое железнодорожным и автомобильным транспортом. В бетоносмесительных установках Cobra используются планетарный или двухвальный смеситель. Возможно оснащение бетоносмесителя системой для измерения влажности щебня и песка и точности дозирования воды.

Для бетоносмесительных установок Cobra не требуются массивные фундаменты. Съёмный пандус для подачи каменных материалов по-

ставляется вместе с бетоносмесительными установками. Бетоносмесительную установку можно располагать на неровной поверхности.

Для обогрева бункеров каменных материалов и производства «горячего» бетона возможно оснащение системой обогрева Turbo, что обеспечивает производство бетонной смеси в зимнее время.

Отличительным свойством бетоносмесительных установок типа ESM (Elba Supermobilanlage) компании Elba-Werk является возможность монтажа на строительной площадке всего за одну — три смены.

Заводы серии ESM — отдельные блоки, предварительно смонтированные на заводе-изготовителе, непосредственно на участке монтируются на стальные рамы. Рама и собственный противовес обеспечивают конструкции устойчивость без использования бетонных фундаментов.

Представляет интерес также бетоносмесительные установки фирмы Lintec (Германия), выполненные по модульно-вертикальной схеме, в которой все блоки полностью размещены в морских контейнерах, что обеспечивает не только быстрый монтаж, но и низкие транспортные расходы, отказ от бетонных фундаментов. Система управления установок — микропроцессорная.

Среди стационарных бетоносмесительных установок зарубежного производства следует выделить вертикальные установки башенного типа Zenith фирмы ORU (Италия), обеспечивающие более значительные объемы непрерывного производства бетона по сравнению с бетоносмесительными установками партерного типа.

Система нагрева каменных материалов и воды позволяет обеспечивать выпуск бетонной смеси зимой при температуре -30°C . Для обеспечения выпуска бетонной смеси с температурой $+20^{\circ}\text{C}$ на выходе бетоносмесительная установка комплектуется парогенератором.

Работа бетоносмесительной установки в автоматическом режиме обеспечивается программно-логическим контролем, позволяющим контролировать загрузку каменных материалов и одновременно работу двух смесителей при изготовлении разных составов бетонной смеси.

32.5. Особенности организации складов каменных материалов и цемента

На ЦБЗ организуют склады каменных материалов и цемента. Одним из основных сооружений, определяющим общую компоновку производственного предприятия, являются склады каменных материалов.

Склады каменных материалов притрассовых ЦБЗ, для которых характерна доставка материалов автотранспортными средствами, отличаются небольшим запасом материалов, обеспечивающим работу смесительной установки в течение пять — десять смен. Подача материалов к установке осуществляется бульдозером. Подача каменных материалов непосредственно в расходные бункеры установок осуществляется одноковшовыми пневмоколесными погрузчиками или передвижным ленточным конвейером в комплексе с одноковшовыми погрузчиками.

Склады каменных материалов прирельсовых ЦБЗ классифицируются по технологии работы, конструкции загрузки склада и его разгрузки при подаче материалов в расходные бункеры установок и заводов, способам хранения каменных материалов и типу емкостей.

По технологии работы и способам выгрузки различают склады с гравитационной выгрузкой при применении саморазгружающихся вагонов и принудительной выгрузкой при использовании машин сталкивающего или черпающего типа.

По конструкции систем загрузки емкостей хранения склады могут быть:

- с приемными устройствами и комплексом машин и оборудования для штабелирования материалов;
- без приемных устройств с непосредственной подачей каменных материалов из вагонов в емкости хранения;
- с применением комплекса машин, обеспечивающих выполнение одновременно операций выгрузки и штабелирования.

По способу хранения каменных материалов склады подразделяются на открытые площадки и закрытые склады для хранения материалов; по типу емкостей — на штабельные, бункерные, полубункерные, безэстакадные, эстакадные и силосные.

Оборудование прирельсовых складов каменных материалов должно обеспечивать прием каменных материалов из полувагонов, платформ, саморазгружающихся вагонов при выполнении следующих требований:

- продолжительности разгрузки вагонов любых типов в сроки, установленные нормами МПС (двенадцать 60-тонных вагонов за 1 ч 20 мин);
- раздельному приему и выдаче каменных материалов различных сортов;
- механизации трудоемких работ;
- созданию безопасных и нормальных санитарно-гигиенических условий работы обслуживающего персонала.

В настоящее время на прирельсовых производственных базах получили распространение склады каменных материалов с приемными устройствами в виде подрельсовых бункеров с радиально-штабелирующими конвейерами; с использованием самоходного разгрузчика ТР-2; повышенного железнодорожного пути на железобетонной эстакаде.

Широкое применение для разгрузки каменных материалов повышенных путей объясняется простотой строительных конструкций склада и отсутствием технологического оборудования.

Главное преимущество склада каменных материалов с повышенными путями — значительный фронт разгрузки нескольких вагонов с увеличенным количеством разгрузочных бригад. Однако при разгрузке каменных материалов по этой технологии происходит их смешение, что вызывает необходимость дополнительной дорогостоящей сортировки. Кроме того, большая протяженность склада (300...500 м) и разгрузка каменных материалов на обе стороны железной дороги приводят к усложнению технологических процессов складской переработки, увеличению площади покрытия, используемой под склад, а также к значительному увеличению длины подземных галерей или использованию дефицитного технологического транспорта для погрузочно-разгрузочных работ.

В последние годы в России разработаны и внедрены прирельсовые склады каменных материалов вместимостью 9...70 тыс. м³ с подрельсовым бункером и радиально-штабелирующим конвейером (рис. 32.6).

Для разгрузки железнодорожных платформ широко применяют специальные разгрузчики периодического действия. Формирование веерных штабелей складов каменных материалов производится радиально-штабелирующими конвейерами (РШК-20 и РШК-30).

Высота штабелирования — 7,5 м и 10,5 м. При больших грузооборотах на ЦБЗ применяются комплекты оборудования производительностью 500...700 т/ч, включающие радиально-штабелирующие конвейеры РШК-40 и приемные бункерные устройства. При этом высота штабелирования составляет 20 м.

Управление технологическим оборудованием приемного устройства для разгрузки вагонов и трактом подачи каменных материалов в склад осуществляется из кабины оператора.

Большое распространение на складах каменных материалов ЦБЗ получили передвижные ленточные транспортеры. Они предназначены для перемещения каменных материалов в горизонтальном направлении и под углом до 20° к линии горизонта.

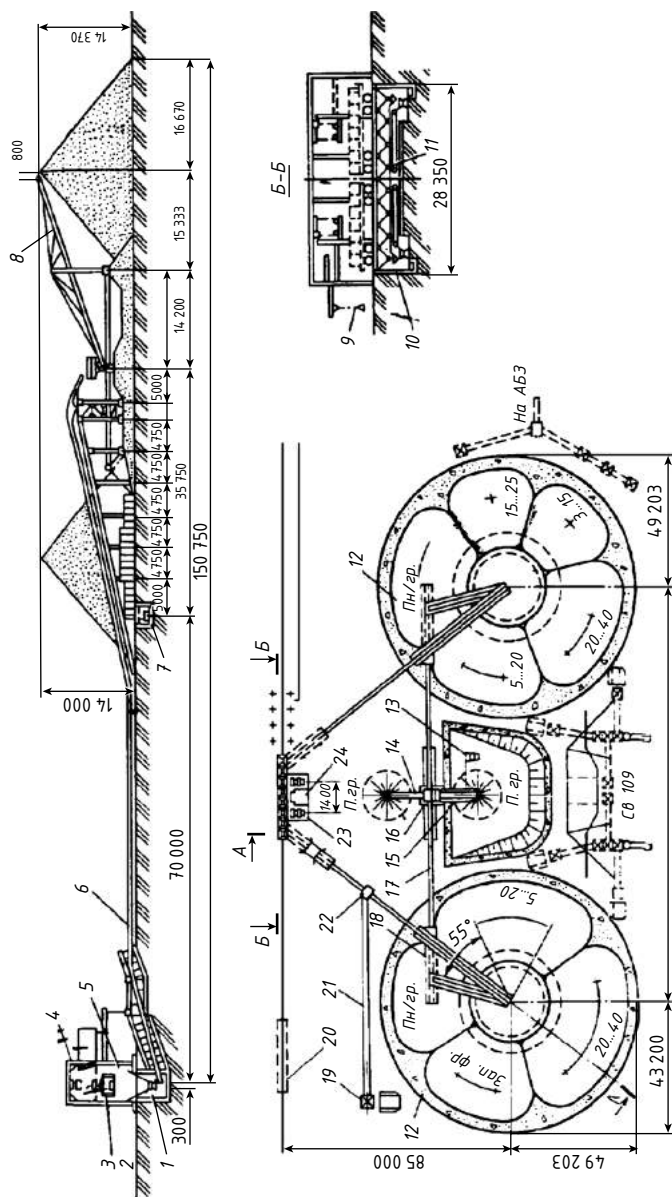


Рис. 32.6. Прирельсовый склад каменных материалов:

1 — транспортер ленточный; 2 — установка вибраторов питателей на бункерах; 3 — вибразачистная плита передвижная; 4 — приемное устройство; 5 — трубопровод сжатого воздуха для сдувания каменных материалов с рамы и тележек вагона; 6, 7 — транспортеры ленточные; 8 — радиально-штабелирующий конвейер (РШК); 9 — люкоподъемник; 10 — челюстной затвор; 11 — транспортер ленточный; 12 — склад каменных материалов; 13 — отделение подачи каменных материалов; 14 — грохот вибрационный; 15 — транспортер ленточный; 16 — грохот вибрационный; 17, 18 — транспортеры ленточные; 19 — бункер загрузочный; 20 — тепловое устройство; 21 — ленточный транспортер; 22 — узел перегрузки; 23 — скребковый разгрузчик каменных материалов; 24 — пульт управления

Для подачи каменных материалов от склада к установкам ЦБЗ наиболее целесообразно использовать одноковшовые фронтальные погрузчики на пневмоколесном ходу.

Используемые на складе каменных материалов автопогрузчики забирают материал из штабеля, перемещают его на необходимое расстояние и высыпают в расходный бункер. Когда загрузочное отверстие бункера расположено высоко, каменные материалы подаются погрузчиками в приемные бункеры загрузочных транспортеров, а оттуда в расходные бункеры блока дозирования смесительных установок. В этих целях сооружают наклонные въезды (пандусы) с горизонтальной площадкой для маневрирования автопогрузчиков.

Каменные материалы, перевозимые в железнодорожных платформах и полувагонах при отрицательной температуре, смерзаются и теряют свои сыпучие свойства. Наиболее экономичным способом восстановления сыпучести каменных материалов является использование вибрационных и бурофрезерных рыхлительных машин.

При выгрузке материалов из полувагонов через нижние люки или другими способами остатки материалов составляют до 15...20%.

Для механизации процесса удаления из полувагонов остатков каменных материалов разработан и внедрен ряд машин и оборудования трех типов: вибрационные, динамические, механические.

При проектировании складов цемента должно быть обеспечено выполнение следующих требований:

- создание возможности приема цемента в нормативные сроки из железнодорожных вагонов и автоцементовозов;
- размещение складов вблизи бетоносмесительного отделения ЦБЗ на оптимальном расстоянии от компрессорной станции;
- обеспечение транспортного подъезда к силосным емкостям;
- возможность дальнейшего расширения склада путем пристройки дополнительных силосов;
- раздельное хранение цемента по видам и маркам;
- применение для транспортирования порошкообразных материалов средств пневмотранспорта;
- предотвращение снижения активности материалов.

По месту расположения склады подразделяются на прирельсовые и притрассовые; по конструкции — на амбарные, бункерные, силосные. Коэффициент использования площадей складов амбарного и бункерного типа составляет 0,2...0,6; а силосных складов — в пределах 0,9...1,0.

Амбарные и бункерные склады в настоящее время не отвечают требованиям, предъявляемым к складам цемента. Для них характерны значительные объемы строительно-монтажных работ, большая трудоемкость строительства, почти полное отсутствие мобильности и инвентарности.

Прирельсовые склады (рис. 32.7) рассчитаны на прием цемента из железнодорожных вагонов и автотранспортных средств. Состав оборудования позволяет выгружать цемент из специальных вагонов-цементовозов и крытых вагонов. Вагоны бункерного типа выгружаются в приемный бункер, а из него с помощью пневмоподъемника в силосы.

Притрассовые склады включают силосные емкости и два помещения в виде металлических каркасов, огороженных щитами. Одно из помещений предназначено для пульта управления и комплекта оборудования для очистки сжатого воздуха; в другом расположено оборудование для управления выдачей цемента.

Цемент выдается из силосов с помощью донных выгрузателей, а затем в зависимости от дальности транспортирования направляется в пневмовинтовой подъемник или пневмовинтовой насос.

Во всех силосах предусмотрены аэрационные сводообрушающие устройства в виде аэродорожек, а также сигнализаторы уровня. Для очистки воздуха, выходящего из силосов при загрузке, смонтированы два рукавных фильтра со встряхивающим устройством.

Для выгрузки из крытых вагонов цемента и минерального порошка широко применяют пневматические разгрузчики. Они подразделяются на разгрузчики всасывающего, всасывающе-нагнетательного и нагнетательного действия.

Отличительной особенностью пневматических разгрузчиков нагнетательного и всасывающе-нагнетательного действия от разгрузчиков всасывающего действия является возможность подачи пылевидных материалов на высоту до 35 м непосредственно в силос склада.

Разгрузчик всасывающе-нагнетательного действия (рис. 32.8) состоит из самоходного заборного устройства, гибкого материалопровода, осадительной и смесительной камер, вакуум-насоса с электродвигателем и шкафа с электрооборудованием.

Для вертикального транспортирования цемента из межрельсовых приемных бункеров в силосы склада используются пневматические винтовые подъемники, состоящие из приемной камеры, консольного напорного шнека, смесительной камеры с аэроднищем, обратного клапана, сварной рамы и электродвигателя.

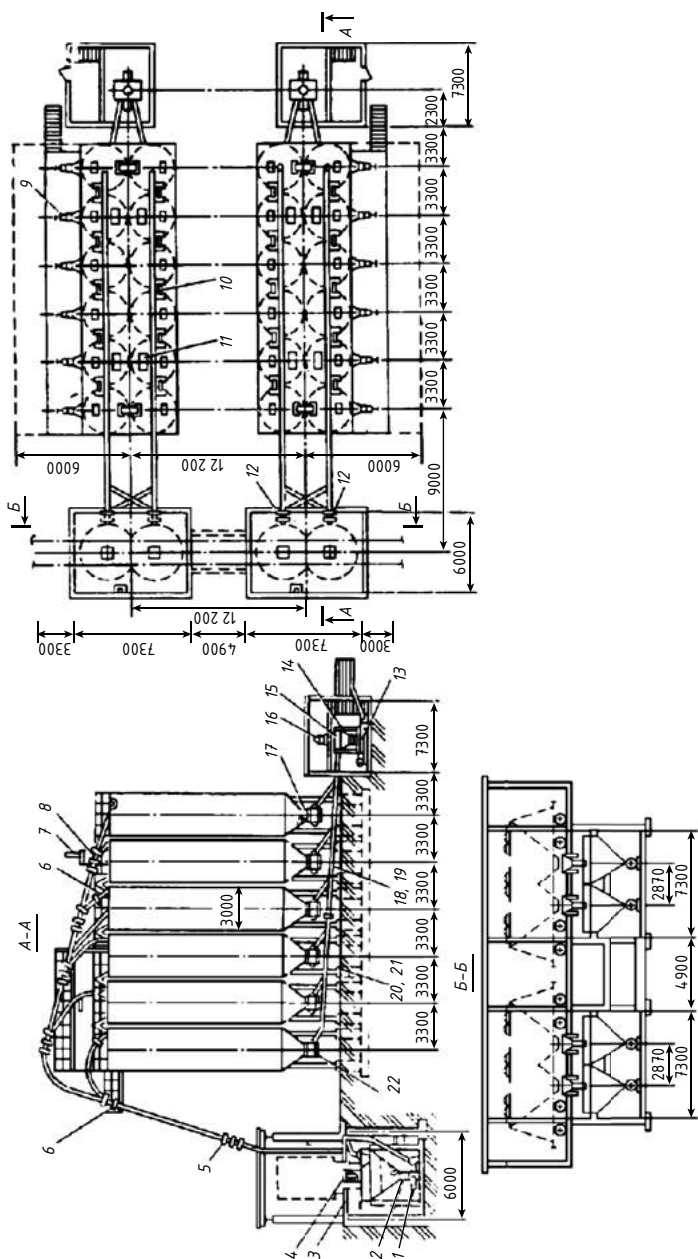


Рис. 32.7. Прирельсовый склад цемента вместимостью 2900 т:

1 — пневмоподъемник цемента (эрлифт); 2 — затвор секторный к эрлифту; 3 — приемный бункер (парный); 4 — приемный рукав; 5 — установка двухходового выключателя; 6 — концевой патрубков; 7 — выхлопная труба; 8 — гибкий рукав от пневморазгрузчика; 9 — пневморазгрузчик боковой разгрузки; 10 — соединительная труба; 11 — рукавный фильтр; 12 — установка двухходового выключателя; 13 — пневмовинтовой насос; 14 — секторный затвор к насосу; 15 — бункер; 16 — фильтр; 17 — установка сводообразующее устройство; 18, 19 — установка цементопровода (две секции); 20, 21 — установка цементопровода (одна секция); 22 — пневморазгрузчик донной разгрузки

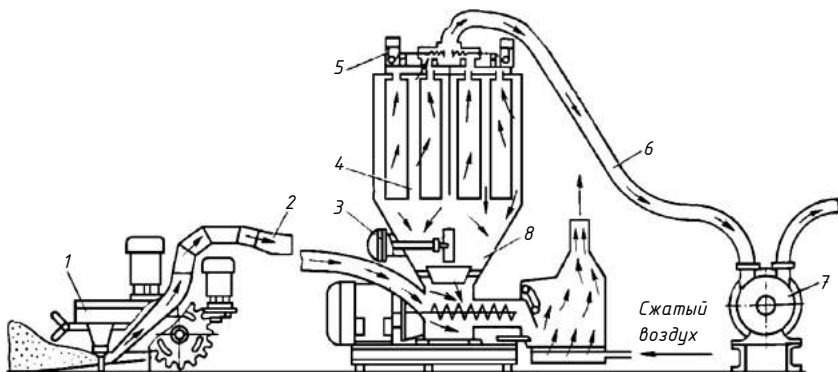


Рис. 32.8. Схема пневматического разгрузчика всасывающе-нагнетательного действия:

1 — самоходное заборное устройство; 2 — материалопровод; 3 — сигнализатор уровня; 4 — осадительная камера; 5 — продувочное устройство; 6 — воздухопровод; 7 — вакуум-насос; 8 — смесительная камера

Подача цемента по вертикали (на высоту до 35 м) аэрированного цемента происходит в результате избыточного давления, создаваемого компрессором.

Для транспортирования цемента и минерального порошка от силосов склада в расходные бункеры смесительных установок применяются при дальности подачи до 20 м — винтовые контейнеры, до 150 м — струйные насосы, до 400 — пневмовинтовые насосы, до 500 и более — камерные насосы.

Одним из недостатков пневматических винтовых насосов является низкий срок службы быстроходных напорных шнеков. Износ значительно увеличивается при повышении давления в смесительной камере.

Пневматический винтовой насос (рис. 32.9) состоит из приемной камеры 1, напорного быстроходного шнека 3, который приводится от электродвигателя 11, бронзовой гильзы 2, смесительной камеры 4 с обратным грузовым клапаном 5, эжекционной насадки с соплом 10 для подачи сжатого воздуха через микропористую перегородку 9 в смесительную камеру.

Пневматические камерные насосы предназначены для транспортирования сыпучих материалов на расстояние до 1000 м. Такой насос состоит из одного или нескольких герметически закрывающихся резервуаров, каждый из которых имеет сверху загрузочное отверстие. Резервуары оснащаются системами воздухопроводов и контрольно-измерительными приборами.

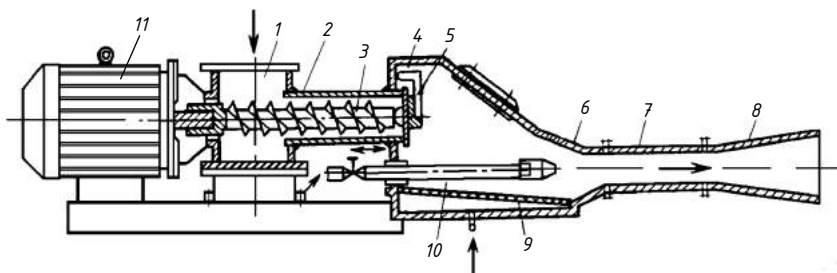


Рис. 32.9. Схема пневматического винтового насоса:
 1 — приемная камера; 2 — гильза; 3 — напорный шнек;
 4 — смесительная камера; 5 — обратный клапан;
 6 — конфузор; 7 — смесительный участок; 8 — диффузор;
 9 — микропористая перегородка аэроднища;
 10 — сопло; 11 — электродвигатель

Камерные насосы (рис. 32.10) относятся к пневмотранспортному оборудованию циклического действия. По способу выгрузки камерные насосы бывают с верхней и нижней подачей материала.

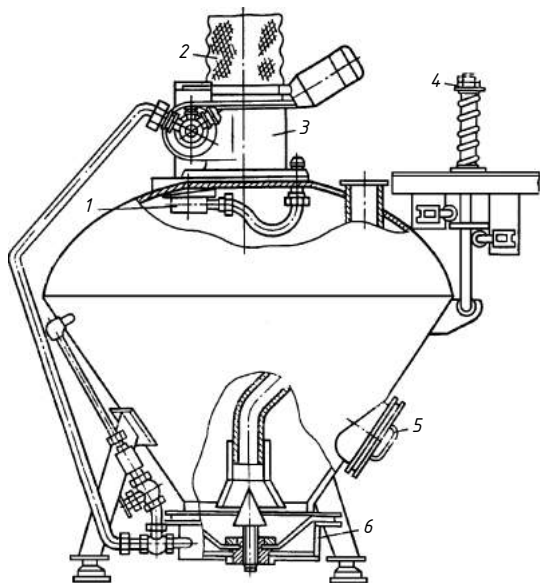


Рис. 32.10. Камерный насос склада:
 1 — клапан для сброса воздуха; 2 — загрузочный патрубок;
 3 — затвор; 4 — пружинная подвеска; 5 — смотровой люк;
 6 — аэроднище

32.6. Автоматизация технологических процессов приготовления цементобетонной смеси

Такие важные свойства бетонных смесей, как однородность и удобоукладываемость, в основном определяются методом перемешивания, точностью дозирования компонентов, автоматизацией процесса производства.

Автоматизация производства бетонных смесей позволяет существенно повысить качество готовой продукции, устраняет погрешности производства, связанные с ошибками оператора.

На бетоносмесительных установках и заводах автоматизации подлежат следующие основные процессы и операции:

- прием исходных материалов из транспортных средств, их хранение и переработка, в том числе распределение по отсекам, бункерам, силосам и подача к расходным бункерам;

- дозирование компонентов бетонной смеси с определением влажности каменных материалов и возможность приготовления не менее 30 различных составов бетонной смеси без переналадки оборудования и средств автоматизации;

- перемешивание и выдача готовой смеси в транспортные средства с регулированием ее параметров для повышения однородности.

В настоящее время при автоматизации технологических процессов на бетоносмесительных установках и ЦБЗ при их модернизации широкое применение находят средства автоматизации на новой элементной базе, в том числе с применением микропроцессорных средств и тензометрических датчиков.

Системы автоматизации технологических процессов приготовления бетонных смесей с применением микропроцессорной техники имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными: простота перестройки системы с пульта управления за счет изменения программы в микроЭВМ (при замене технологического оборудования и изменении условий производства); наличие информации о неисправностях работы технологического оборудования для приготовления смесей и тестирование отдельных элементов самих систем управления; информации о технологическом процессе, контроле и учете материалов, выдаче бетонной смеси и работе с потребителем; оптимизация технологических процессов в целях уменьшения расхода цемента и снижения брака за счет точности дозирования; регистрация объ-

активной технико-экономической информации (учет производительности, простоев, брака, расхода компонентов и др.); высокая надежность.

В последнее время на современных бетоносмесительных установках применяется управление, основанное на использовании промышленных контроллеров. Системы управления, построенные на основе промышленных контроллеров, удовлетворяют практически всем требованиям, предъявляемым к бетонным смесям, включая задание регламентов загрузки в бетоносмеситель, адаптацию к скорости высыпания компонентов, учет влажности каменных материалов и выдерживание водоцементного отношения бетонной смеси.

Современные автоматизированные системы бетоносмесительных установок оснащены программами многопараметрического проектирования состава бетонной смеси, контроля их качества и коррекции состава смеси при изменении характеристик исходных материалов (активности цемента, гранулометрического состава, влажности заполнителей и бетонной смеси).

Компьютеризированная система современных бетоносмесительных установок обеспечивает высокую точность дозирования компонентов, однородность и стабильность состава получаемой смеси. Система удовлетворяет целому ряду технических требований, к числу которых в первую очередь следует отнести:

- возможность автоматического и ручного управления приготовления бетонных смесей;
- реализацию двухстадийного режима загрузки каменных материалов (грубое дозирование в начале и точное в конце загрузки);
- управление дозирующими, смесительными и подъемными устройствами;
- корректировку количества дозируемой по рецепту воды и каменных материалов с учетом их влажности;
- стабилизацию водоцементного отношения;
- регистрацию вмешательства в процесс автоматического управления, фиксацию изменений рецептов, системных и технологических параметров;
- контроль за уровнем материалов в бункерах и цементных силосах, давлением воздуха в магистрали, температурой воды и бетонной смеси;
- обеспечение многолинейной безотказной работы в режиме двух- или трехсменной работы.

32.7. Транспортирование бетонных смесей

Бетонную смесь с ЦБЗ транспортируют в автомобилях-самосвалах, автобетоновозах или автобетоносмесителях. Максимальное время транспортирования бетонной смеси при температуре воздуха до 20 °С составляет 60 мин, а при температуре до 30 °С — 30 мин. При превышении указанных пределов отмечается ухудшение удобоукладываемости и удобообрабатываемости бетонной смеси и усиливается опасность снижения качества бетонного покрытия.

При транспортировании бетонная смесь должна быть защищена от атмосферных осадков, замораживания, высушивания, а также от вытекания цементного раствора (брэзентом, многослойной мешковиной). Подвижную бетонную смесь не рекомендуется перевозить автомобилями-самосвалами: это приводит к потерям бетонной смеси и снижению ее качественных показателей. При ее транспортировании в России и за рубежом все больше используются автобетоновозы и автобетоносмесители. Автобетоновозы являются более экономичными видами транспорта, чем автобетоносмесители. Однако область их применения, так же как и автомобилей-самосвалов, ограничена технологическими пределами.

В отличие от обычных автомобилей-самосвалов кузов автобетоновоза выполнен в форме гондолы с круто наклоненной задней стенкой. Угол наклона к горизонту кузова достигает 80°, а задней стенки — 48°. Кузов располагается на шасси автомобиля в зоне минимальной вибрации рамы, что предполагает сохранность транспортируемой бетонной смеси от расслоения и разбрызгивания.

Для предохранения смеси от воздействия атмосферных осадков и ветра кузов сверху закрывается крышкой, а от воздействия отрицательных температур — имеет двойную обшивку с зазором между ее листами.

Бетоновозы различают по вместимости при загрузке, способу разгрузки, типу автомобиля или тягача, скорости движения.

Автобетоносмесители используют для приготовления бетонной смеси в процессе транспортирования к месту укладки от ЦБЗ, где их загружают отдозированными составными порциями сухих смесей и водой. Автобетоносмесители можно использовать в качестве бетоновозов с побуждением смеси при транспортировании на большие расстояния.

Основные узлы автобетоносмесителя: шасси автомобиля, рама в сборе, смесительный барабан, загрузочно-разгрузочное устройство,

бак для подачи воды, привод смесительного барабана и система управления приводом.

Вращение барабана в пути с частотой 3...5 об./мин предотвращает расслоение смеси, при этом вместимость барабана используется на 80%, а при перевозке сухой смеси — на 60...70%. Автобетоносмесители при утеплении цистерны могут перевозить бетонную смесь при температуре -20°C .

Автобетоносмесители различают по объему готового замеса, высоте разгрузки, частоте вращения смесительного барабана, типу автомобиля.

32.8. Особенности работы цементобетонного завода зимой и в жарком климате

В период производства бетонных смесей при температуре воздуха ниже 5°C и минимальной суточной температуры ниже 0°C следует применять специальные меры по обеспечению требуемого качества бетона.

При приготовлении на ЦБЗ бетонной смеси в зимних условиях ее компоненты подогревают. Бетонная смесь, приготовленная на подогретых материалах, медленно остывает, что способствует более быстрому нарастанию прочности бетона. При этом цемент не подогревается. Каменные материалы в момент загрузки в бетоносмеситель должны иметь положительную температуру, а вода для затворения не ниже $+25^{\circ}\text{C}$. Температура бетонной смеси назначается с учетом теплопотерь при транспортировании. Наибольшая допустимая температура при выходе ее из бетоносмесителя в зависимости от вида цемента обычно составляет $25...45^{\circ}\text{C}$.

Воду и каменные материалы подогревают при помощи пара, электрической энергии или при небольших объемах в сушильных печах.

Зимой следует применять цементы, обеспечивающие повышенное тепловыделение твердеющего бетона за счет протекания процессов гидратации цемента (быстротвердеющие цементы).

Продолжительность перемешивания бетонной смеси увеличивает примерно в 1,5 раза по сравнению с летними условиями. В бетоносмесителе рекомендуется сначала подавать горячую воду, затем засыпать каменные материалы и в последнюю очередь — цемент.

После перерыва в работе барабан бетоносмесителя обогревается паром или горячей водой. Температура и качество бетонной смеси

должны регулярно контролироваться лабораторией. Помещение ЦБЗ для работы в зимнее время утепляют. Для приготовления подогретых бетонных смесей используют мобильные и инвентарные бетоносмесительные установки. Отличие их от обычных установок состоит в усложнении процесса управления комплексом оборудования, связанным с необходимостью учета дополнительных факторов (температуры воды, цемента, щебня и песка). Использование микропроцессорной техники обеспечивает автоматическое управление приготовлением бетонной смеси по заданным алгоритмам с учетом необходимых корректировок, вводимых при изменении компонентов смеси.

Применяется также и способ холодного бетонирования, при котором в бетонную смесь вводятся противоморозные добавки для предотвращения замерзания воды в бетоне при его выдерживании без обогрева.

При эксплуатации технологического оборудования для приготовления бетонных смесей в условиях жаркого климата следует учитывать его специфические особенности, к которым в первую очередь следует отнести высокую температуру воздуха и низкую его влажность, высокую солнечную радиацию.

Приготовление бетонной смеси осуществляют в бетоносмесителях гравитационного и принудительного действия. При приготовлении бетонных смесей на пористых заполнителях с высоким расходом цемента (более 350 кг/м³) целесообразно использование бетоносмесителей принудительного действия.

Для обеспечения сохраняемости удобоукладываемости бетонной смеси используют химические добавки, обладающие замедляющим действием. Подобным действием обладает ряд пластифицирующих и водоредуцирующих добавок, вводимых в определенных дозировках, например ЛСТ, ЛПМ. Имеются и специальные добавки — замедлители. Для повышения сохраняемости удобоукладываемости важное значение имеют свойства цемента (сроки схватывания, наличие признаков ложного схватывания) и обеспечение возможно более низкой температуры бетонной смеси. Снижение начальной температуры бетонной смеси достигается, как правило, путем уменьшения температуры ее компонентов.

Для приготовления бетонной смеси воду следует применять из резервуаров и хранилищ с возможно более низкой температурой. Защиту от жары цистерн и труб для хранения и подачи воды необходимо обеспечить изоляцией, окраской в белые цвета, заглублением в землю на глубину не менее 0,4 м от поверхности. Автоцистерны для доставки

воды на ЦБЗ окрашивают в светоотражающие тона (белый, алюминиевый), обеспечивают теплоизолирующими покрытиями.

Склады щебня и песка защищают от прямого попадания солнечных лучей, щебень в штабелях увлажняют поливом. В отдельных случаях температуру бетонной смеси уменьшают путем добавления дробленого льда или меняют очередность подачи материалов в бетоносмеситель — сначала воды, а затем минеральных материалов.

32.9. Охрана труда и окружающей природной среды на цементобетонном заводе

Охрана труда на ЦБЗ. К управлению машинами, механизмами и оборудованием на ЦБЗ допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, имеющие удостоверение на право управления данной машиной, механизмом или оборудованием, признанные годными к работе медицинской комиссией и знающие требования безопасности ведения работ.

С рабочими на ЦБЗ проводит вводный инструктаж инженер по технике безопасности или технический руководитель завода. Рабочим излагают краткие сведения из трудового законодательства по вопросам охраны труда, затем знакомят с особенностями технологического процесса и при этом разбирают основные причины имевших место несчастных случаев и заболеваний. После этого рабочих знакомят с правилами поведения на территории предприятия, с обязанностями рабочего во время смены, объясняют назначение спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений, обучают правилам безопасности при работе на механизмах и с ручным инструментом, основам личной гигиены и правилам оказания первой помощи.

Инструктаж на рабочем месте проводят со всеми рабочими при приеме на работу или переводе с одной работы на другую. Цель инструктажа — ознакомление с конкретной производственной обстановкой на данном рабочем месте и безопасными приемами труда.

Инструктаж также проводят перед выполнением производственных операций в первый день выхода рабочего на работу. Руководитель, в подчинение которого направлен рабочий, беседует с работником и показывает ему безопасные приемы труда.

Машинистам машин и обслуживающему персоналу механизмов и оборудования выдают инструкции по их эксплуатации.

Пылеулавливание на ЦБЗ. Пылеобразование на ЦБЗ происходит при дроблении и сортировке каменных материалов, в узлах их пере-сыпки с транспортера на транспортер, при транспортировании цемента и т.д. Существенным (до 40%) является также вторичное пылеобразование, получаемое при раздувании осевшей пыли движущимися шкивами, маховиками и транспортерами.

Наиболее простым и эффективным способом борьбы с запылением воздуха на ЦБЗ является гидрообеспыливание каменных материалов.

Обеспыливание грохотов производится с помощью специальных укрытий, обеспыливание транспортеров — путем устройства укрытий бортов транспортеров.

На ЦБЗ аспирование укрытиями производится при обеспыливании элеваторов, с помощью которых транспортируется цемент. Аспируется верхняя и нижняя части элеватора, а также бункеров.

Для очистки пыли, отсасываемой из укрытий, разработаны пылеулавливающие аппараты, имеющие различный принцип действия и разную эффективность обеспыливания.

Для повышения эффективности очистки больших объемов загрязненного воздуха используется объединение циклонов в группе по два — восемь элементов.

Для обеспыливания силосов цемента применяются тканевые рукавные притивоточные фильтры или рукавные фильтры с автогенерацией. Они имеют рукава из гладкой гидрофобизированной стеклоткани, которая наряду с пульсацией транспортируемого потока воздуха обеспечивает периодический срыв и падение в силосы накопившейся в рукавах цементной пыли без воздействия каких-либо механизмов.

Для обеспыливания каменных материалов эффективно применяется воздушно-механическая пена, получаемая пеногенераторами с помощью ПАВ. Пена вводится вместе с каменными материалами на грохоты и транспортеры, причем ее применение не увеличивает влажность каменных материалов и не ухудшает свойства цементобетона, полученного на их основе.

Так как транспортеры и элеваторы являются сильно пылящими транспортными системами, для обеспыливания которых необходимо устройство сложных укрытий, в последнее время их все чаще заменяют системами пневмотранспорта (пневмовинтовые питатели, пневмоподъемники), которые практически исключают выделение пыли в атмосферу.

ГЛАВА 33. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТ НА ЗАВОДАХ И ПОЛИГОНАХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

33.1. Классификация заводов и технология изготовления изделий

Железобетонные изделия и конструкции изготавливаются на заводах или полигонах. Заводами называют предприятия, на которых основные технологические процессы выполняют в помещениях (цехах). К полигонам относят предприятия, на которых в зданиях приготавливают только бетонную смесь и изготавливают арматуру, а все остальные процессы — формование и отделку изделий — производят на открытых площадках — на стендах или в камерах пропаривания, расположенных на открытом воздухе. На полигонах в основном применяют прямоточную (агрегатную) и частично-стендовую организацию, вследствие чего на них предусмотрен выпуск широкой номенклатуры изделий, в том числе крупных конструкций.

Полигоны могут быть специализированными самостоятельными предприятиями или находиться в составе завода железобетонных изделий (ЖБИ).

По срокам эксплуатации на одном месте заводы ЖБИ подразделяются на стационарные, полустационарные и передвижные.

Стационарные заводы оснащаются мощным и тяжелым оборудованием, устанавливаемым на прочные фундаменты, зданиями цехов и сооружениями капитального типа. Полустационарные заводы позволяют обеспечить демонтаж и передислокацию оборудования на новую площадку, здания здесь, как правило, имеют сборно-разборную конструкцию. Передвижные имеют оборудование легко перебазированное, на пневмоколесном ходу, здания — передвижные в виде вагонов мобильного типа.

В состав заводов и полигонов входят: склады арматуры и заполнителей, цемента и арматурной стали; цехи по дроблению и сортировке заполнителей; приготовлению добавок; бетоно- и растворосмесительные цехи (установки); арматурный цех со складом готовых сеток и каркасов; цехи формования и твердения бетона, склады готовой продукции; трансформаторная подстанция (передвижная электростанция); лаборатория; ремонтно-механическая мастерская.

33.2. Технология изготовления изделий

Технологический процесс состоит из ряда последовательно выполняемых операций: приготовления или доставки бетонной смеси с ЦБЗ, изготовления арматуры железобетонных изделий, формования, ускорения твердения изделий.

Технологии изготовления железобетонных изделий на заводах ЖБИ и полигоне практически не отличаются. Генеральный план полигона приведен на рис. 33.1.

Арматурные цехи обеспечивают заготовку арматурных элементов, сборку и сварку каркасов, изготовление закладных деталей и создание резервного запаса готовых изделий.

При компоновке цеха оборудование располагают так, чтобы свести к минимуму пересечение транспортных путей.

В технологическом потоке можно выделить три основных подготовительных процесса: заготовку арматурной стали диаметром до 12 мм, заготовку листовой стали и сортового проката, изготовление закладных деталей. Затем элементы поступают к постам сборки или на промежуточный склад.

Создавая склад арматурной стали в составе завода ЖБИ или полигона, выполняют следующие основные требования: для ее хранения организуют необходимые закрытые неотапливаемые помещения, предохраняющие сталь от коррозии и загрязнения; обеспечивают возможность приема арматурной стали из полувагонов и железнодорожных платформ, хранения по видам, маркам и ее выдачи в арматурный цех.

Все виды арматурных сталей и арматурных изделий заводского изготовления и общие требования к ним установлены государственным стандартом. Основные виды арматурной стали: стержневая горячекатаная гладкая и периодического профиля; холоднотянутая проволочная гладкая и периодического профиля; горячекатаная термическая упрочненная периодического профиля; высокопрочная арматурная проволока гладкая и периодического профиля; арматурные канаты.

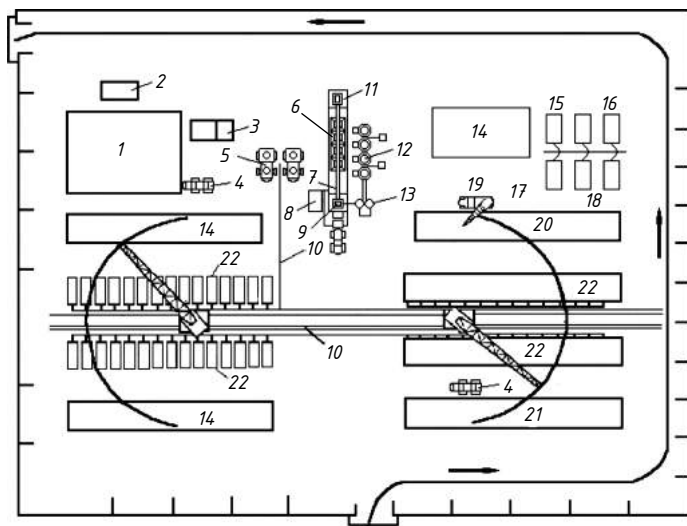


Рис. 33.1. Генеральный план полигона по изготовлению железобетонных изделий:

- 1 — открытый склад каменных материалов; 2 — туалет; 3 — душ, гардероб;
 4 — автопогрузчик; 5 — площадка для подачи автомобилей-самосвалов;
 6 — расходные бункеры для каменных материалов; 7 — наклонные ленточные транспортеры; 8 — передвижная электростанция; 9 — бетоносмесительное отделение; 10 — паропровод; 11 — приемный бункер для каменных материалов; 12 — инвентарный склад цемента; 13 — расходный бункер для цемента; 14 — склад готовой продукции; 15 — контора; 16 — лаборатория;
 17 — ремонтно-механическая мастерская; 18 — материально-технический склад; 19 — автомобильный кран; 20 — склад готовых изделий;
 21 — резервная площадка; 22 — стенд с пропарочными камерами

В зависимости от вида арматурную сталь подразделяют на прутковую и бунтовую. Прутковая поступает в прутках (связках), состоящих из стержней одной партии, бунтовая — в мотках (бунтах). Каждый моток состоит из одного отрезка проволоки массой 80...500 кг.

К пространственным арматурным изделиям относятся арматурные конструкции, рабочие элементы которых располагаются и работают в некотором объеме (арматурные пакеты, формы и блоки).

Процесс производства арматуры включает следующие, выполняемые последовательно операции: заготовку стержней, сварку сеток и плоских каркасов, их гибки, сборку объемных арматурных каркасов. Все операции выполняют на отдельных машинах и на автоматических линиях.

Процесс изготовления арматурных элементов состоит из очистки от ржавчины и масла, предварительной обработки стали, заготовки

элементов из проволоки и стержней, пучков, канатов для напряженных конструкций, изготовления закладных деталей.

К обработке арматурной стали относят правку, волочение, сплющивание, силовую калибровку, электротермические напряжения.

Волочение — протаскивание металла через конусные отверстия — фильеры. В результате одновременно происходит растягивание и сжатие, металл теряет значительную часть пластических свойств и делается более жестким. Сталь, подвергнутую волочению, называют холоднокатаной.

Сплющивание — распространенный способ упрочнения арматурной стали, заключающийся в прокатывании прутка между парой рифленых валков, в результате чего прутки деформируются в одной или двух взаимно перпендикулярных плоскостях, приобретая периодический профиль. Посредством наклепа, возникающего при сжатии стержня, предел текучести арматурной стали увеличивается на 25...30%. Для сплющивания применяют станки — автоматы, которые очищают арматуру, сплющивают стержни, правят, режут на прутья заданной длины.

Силовая калибровка состоит в вытягивании стержней до напряжения, превышающего нормированный предел текучести данной стали. Вытяжка отличается от силовой калибровки тем, что процесс контролируется величиной удлинения.

Термическое упрочнение стали — один из экономичных методов упрочнения при больших объемах работ. Технологический процесс состоит из доставки стержней в арматурный цех, укладки их на подающее устройство, подачи под электроды, электронагрев до 900...1000 °С, сброса стержней в закладочную ванну, выемки охлажденных стержней и укладки их под электроды, электронагрева до температуры отпуска 325...375 °С, охлаждения до температуры окружающей среды, выдачи упрочненных стержней.

Изготовление арматурных элементов включает резку арматуры по заданной длине, гнутье стержней, изготовление хомутов и монтажных петель. Резку и гнутье производят на ручных и приводных станках.

Предварительное натяжение арматуры — трудоемкая операция при изготовлении предварительно напряженных железобетонных изделий. Натяжение арматуры производят механическим, электротермическим, электромеханическим способами, а также за счет использования расширяющих цементов. При механическом способе целесообразно применять гидравлические и винтовые домкраты.

При электротермическом способе используют свойство стали удлиняться при нагреве электротоком. Уложенные в упоры нагретые стрежни при остывании сокращаются и натягиваются. Электромеханический способ сочетает в себе электротермический и механический способы натяжения арматуры.

Для изготовления сеток и плоских каркасов в арматурных цехах используются специальные многоточечные сварочные машины с пневматическим приводом сжатия электродов, автоматическим приводом подачи изделий.

Формовочная оснастка при изготовлении железобетонных изделий придает уплотняемой смеси требуемые очертания и размеры в соответствии с проектными параметрами изделия. В зависимости от способа производства, вида бетонной смеси и типа изделий форму или оснастку снимают в различные периоды: непосредственно после формования; после приобретения изделием распалубочной прочности или достижения им 70% проектной прочности.

От качества форм зависят геометрические размеры изделий и их внешний вид; плотность и прочность бетона; трещиностойкость и жесткость изделий; конечный изгиб предварительно напряженных конструкций; заанкерование арматуры.

Формы подразделяют на несколько типов: по материалу — на металлические сварные, алюминиевые, железобетонные, деревянные и комбинированные; по организации процесса — на неподвижные, передвижные и переносные; по условию работ — на рассчитанные на напряжение арматуры; по числу изделий, одновременно изготавливаемых в форме, — на одиночные и пакетные; по виду изделий — на линейные, плоскостные, трубчатые; по конструкции форм — на формы с поддонами, бортовые, матрицы; по конструктивным особенностям, связанным с освобождением изделий от форм, — на неразъемные, сборно-разборные, с шарнирно открывающимися или отодвигающимися стенками.

Содержание форм и формовочного оборудования в хорошем техническом состоянии, улучшающем чистоту поверхности изделий, обеспечивает высокое качество продукции. После формования изделий на металлической форме остаются частицы бетона, поверхности покрываются цементной пленкой, остатками смазки. Если форму не чистить, на ней образуется слой затвердевшего бетона, который ухудшает качество изделий и чрезвычайно затрудняет распалубку. В связи с этим металлические формы после каждого цикла формования очищают, ис-

пользуя различные приспособления: ручные и механические, вращающиеся стальные щетки и шлифовальные машины.

На качество железобетонных изделий оказывает существенное влияние сцепление бетона с поверхностью форм. Для уменьшения сцепления целесообразно применение различных смазок. Смазки бывают водные и водомасляные, водно-мыльно-керосиновые эмульсии, машинные масла и смеси на них.

Уплотнение цементобетонной смеси на стадии формования изделия. Свежеизготовленная цементобетонная смесь представляет собой рыхлую структуру с высокой пористостью и значительным количеством вовлеченного при формовании воздуха. Высокоподвижные смеси легко деформируются и заполняют форму под действием собственной массы. Уплотнение малоподвижных и жестких смесей связано с необходимостью приложения значительных внешних сил. При уплотнении бетонной смеси обеспечиваются два условия: удаление излишнего вовлеченного воздуха из малоподвижных и жестких смесей путем приложения внешних механических воздействий; удаление избыточной воды как основного носителя пористости из высокоподвижных смесей.

В практике современного заводского изготовления сборных железобетонных изделий применяют следующие основные способы воздействия на бетонную смесь в целях ее уплотнения и придания формы (рис. 33.2): вибропрессование; вибрирование; вибровакуумирование; виброштампование; центрифугирование.

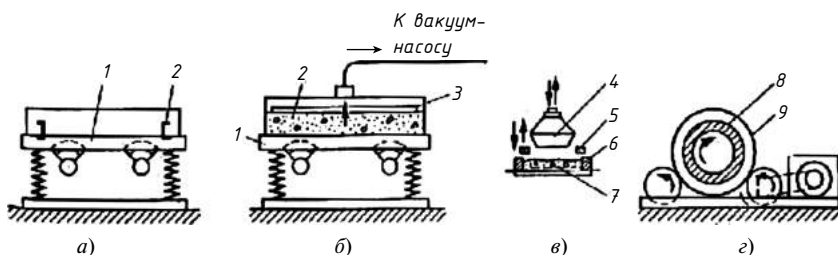


Рис. 33.2. Схемы уплотнения бетонной смеси в изделиях:

- а — вибрированием; б — вибровакуумированием; в — вибропрессованием; г — центрифугированием; 1 — вибродост (виброплощадка); 2 — форма; 3 — вакуум-щит; 4 — виброштамп; 5 — прижимная рама; 6 — бортовая оснастка; 7 — поддон; 8 — железобетонная труба; 9 — центрифуга

Вибропрессование — метод вибрационного формования с одновременным давлением на бетонную смесь — обеспечивает получение

более жестких смесей и формование изделий с профилированной поверхностью.

Вибрирование изделий на виброплощадках с пригрузом повышает эффективность уплотнения бетонной смеси, сокращает продолжительность уплотнения, обеспечивает получение гладкой поверхности.

При изготовлении железобетонных изделий широко применяют вакуумирование как дополнительное воздействие на уплотняемую бетонную смесь. Сущность процесса состоит в том, что уложенную в форму смесь предварительно уплотняют на виброплощадке, подвергают воздействию вакуумных устройств, приложенных к поверхности уплотняемого бетона или введенных в него. При этом в плоскостях вакуумных устройств создается разрежение, вследствие разности давления происходит отсасывание из смеси воздуха и избыточной воды. Одновременно под действием атмосферного давления бетонная смесь уплотняется.

Виброштампование — воздействие на бетонную смесь посредством виброштампа, сочетающего функции виброуплотнения, пригруза и формообразования. Рабочая поверхность виброштампа в зависимости от вида формируемых изделий может быть плоской и рельефной.

Центрифугирование — центробежное формование для уплотнения смеси эффективно применяют при изготовлении труб, бетонных свай, опор линий электропередач и других конструкций кольцевого сечения (рис. 33.3).

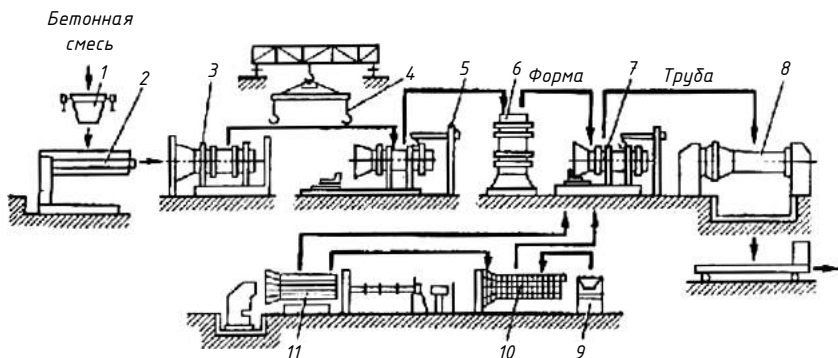


Рис. 33.3. Технологическая схема изготовления труб методом центрифугирования:

- 1 — раздаточный бункер; 2 — ленточный питатель; 3 — центрифуга;
- 4 — траверса; 5 — стенд; 6 — консольные съемники; 7 — форма на посту тепловой обработки; 8 — пост разборки, чистки, смазки; 9 — установка для испытания труб;
- 10 — станок для изготовления фиксаторов арматуры; 11 — станок для сборки двойных арматурных каркасов

Процесс формирования изделий включает три стадии: загрузку бетонной смеси в форму, распределение ее по периметру формы, уплотнение с отжатием воды. При изготовлении труб смесь подают в форму при ее вращении. При воздействии центробежных сил она равномерно распределяется по стенкам формы.

Тепловая обработка железобетонных изделий — наиболее эффективный способ ускорения твердения железобетонных изделий. Суть способа состоит в том, что с повышением температуры среды до 80...100 °С скорость гидратации цемента значительно увеличивается, процесс твердения ускоряется и изделие в более короткие сроки, чем при обычной температуре, приобретает механическую прочность, допускающую транспортирование и монтаж.

Наиболее широко применяют установки периодического и непрерывного действия. К установкам периодического действия относятся ямные камеры, автоклавы, кассетные установки и формы.

К установкам непрерывного действия относятся туннельные, шелевые, вертикальные камеры и камеры прокатных станов.

Режим тепловлажностной обработки определяют температурой, влажностью и давлением, обуславливающим оптимальную скорость процесса. Весь цикл тепловлажностной обработки подразделяют на три стадии: подогрев до наибольшей температуры, выдержка при этой температуре и охлаждение до температуры окружающей среды.

В качестве теплоносителя широко используют пар, паровую смесь, реже подогретый и увлажненный воздух. Нагрев изделий теплоносителем происходит при непосредственном соприкосновении с ним открытых поверхностей или через стенки формы. Давление рабочей среды может быть близким к атмосферному или повышенным (автоклавно-влажная обработка).

При использовании электроэнергии изделие нагревают путем непосредственного прохождения электрического тока через бетон (арматуру) или косвенным способом с помощью разного рода излучателей.

Автоматизация тепловой обработки обеспечивает сокращение ее продолжительности, уменьшение расхода пара, увеличение пропускной способности установок, улучшение качества изделий и повышение культуры производства. Система автоматизации режимов тепловлажностной обработки с использованием электронных программных регуляторов температуры позволяет производить в установках контроль температуры, автоматическое ведение процесса тепловлажностной обработки по заданной программе, автоматическую вентиляцию камер.

33.3. Способы производства железобетонных изделий

В настоящее время различают три способа производства железобетонных изделий: поточно-агрегатный, конвейерный и стендовый, в том числе кассетный.

При поточно-агрегатном способе производства форму и формуемое изделие передают по потоку от одного технологического поста к другому с помощью кранового оборудования (рис. 33.4).

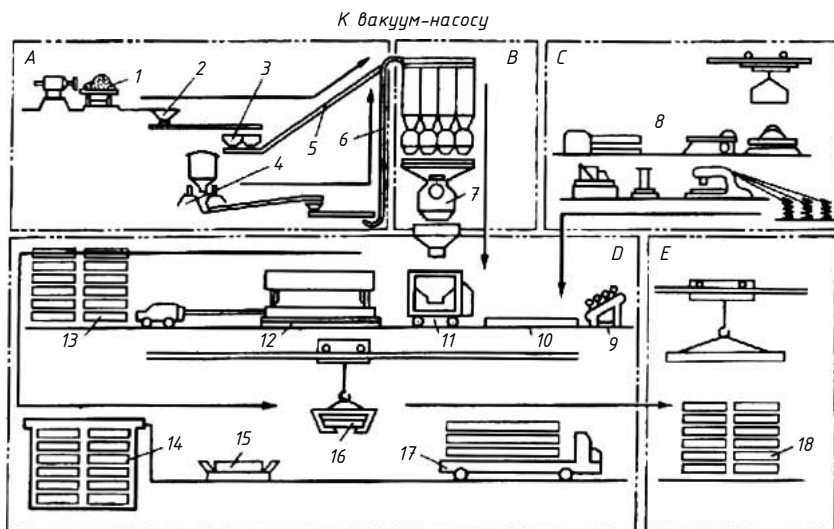


Рис. 33.4. Технологическая схема изготовления железобетонных изделий поточно-агрегатным способом:

- А* — зона хранения заполнителей бетонной смеси; *В* — зона приготовления бетонной смеси; *С* — зона изготовления арматурных каркасов; *D* — зона формирования и обработки ЖБИ; *Е* — зона хранения и выдачи готовых изделий; 1 — пост разгрузки заполнителей; 2 — приемные бункеры; 3 — накопительные бункеры; 4 — пост разгрузки цемента; 5 — транспортная галерея; 6 — пневмоподача цемента; 7 — бетоносмесительный цех; 8 — оборудование для производства арматурных каркасов и элементов; 9 — агрегат для термического напряжения арматуры; 10 — пост армирования; 11 — самоходный бетоноукладчик; 12 — агрегат для формирования изделий; 13 — зона выдержки изделий; 14 — промежуточный склад; 15 — транспортирование ЖБИ; 16 — подъем и транспортирование изделий; 17 — самоходная тележка; 18 — склад готовых ЖБИ

Установки-агрегаты состоят из формовочной машины (обычно виброплощадки), машины для распределения бетонной смеси по форме

(бетоноукладчики), машины для укладки формы на формовочный пост (формуукладчики). Отформованные изделия в формах подают краном в камеры для тепловой обработки. Заключительная стадия производства — выдача изделий из камеры и их распалубка. После приемки ОТК готовые изделия направляют на склад, а освободившиеся формы возвращают на формовочный пост.

При конвейерном способе технологический процесс расчленен на элементарные операции, которые одновременно выполняются на отдельных рабочих местах. Форма и изделие непрерывно перемещаются от одного поста к другому, каждое обслуживает закрепленное звено (рис. 33.5).

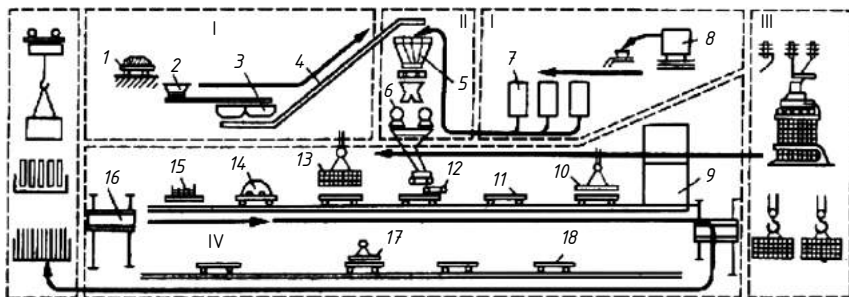


Рис. 33.5. Конвейерная технология изготовления железобетонных изделий:

I — зона хранения материалов; II — зона приготовления цементобетонной смеси; III — зона изготовления арматурных каркасов; IV — зона изготовления изделий; 1 — пост разгрузки каменных материалов; 2 — приемные бункеры; 3 — аккумулярующие бункеры; 4 — транспортерная галерея; 5 — расходные бункеры; 6 — смесительное отделение; 7 — силосный склад цемента; 8 — вагон-цементовоз; 9 — пропарочные камеры; 10 — пост укладки термоизоляционного слоя; 11 — пост доводки изделий; 12 — пост формирования изделий; 13 — пост укладки арматурных каркасов; 14 — смазка форм; 15 — очистка форм; 16 — передаточная тележка; 17 — пост распалубки; 18 — пост контроля

Основным условием осуществления конвейерного производства является ритмичность выполнения процессов, для чего их продолжительность должна быть одинаковой. Через равные промежутки времени одновременно перемещают изделие с одного рабочего места (поста) на другое. При изменении типа изделий конвейеры требуют переоснастки. Они эффективны при массовом выпуске изделий по ограниченной номенклатуре с минимальным числом типоразмеров.

При стандовом способе изделия изготавливаются в неподвижных формах или оборудованных для этого на рабочих местах стандах. В процессе формования и до приобретения бетоном необходимой

прочности изделия остаются на месте, а технологическое оборудование и обслуживающие его рабочие звенья перемещаются от одной формы к другой.

Стендовый способ (рис. 33.6) хотя и приводит к более низкому использованию производственных площадей по сравнению с другими, но имеет ряд преимуществ, особенно при изготовлении предварительно-напряженных конструкций. Продолжительность технологического цикла зависит от длительности выдерживания изделий на стенде для приобретения ими необходимой прочности и составляет 1...2 сут.

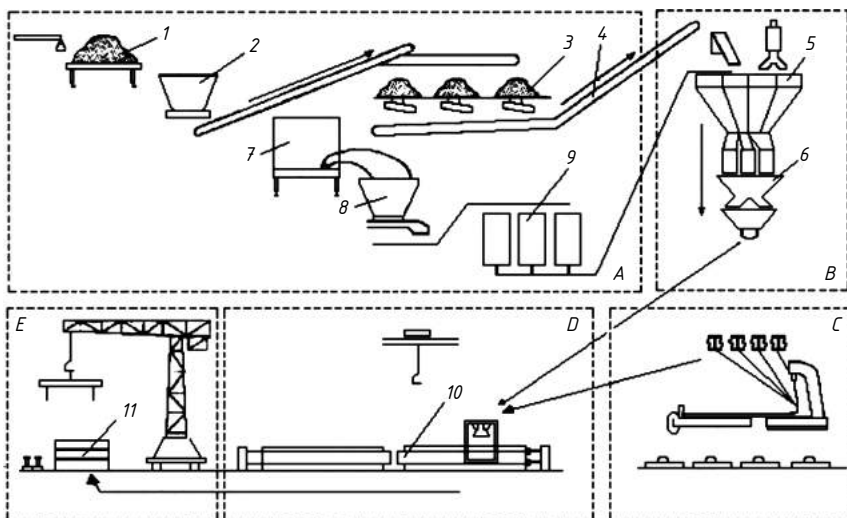


Рис. 33.6. Технологическая схема изготовления конструкций на стендах:

А — зона хранения и обработки сырья; *В* — зона приготовления бетона; *С* — зона изготовления арматурных элементов; *D* — зона формирования и обработки изделий; *Е* — зона хранения и выдачи конструкций; 1 — пост разгрузки заполнителей; 2, 8 — приемные бункеры; 3 — склады каменных материалов; 4 — транспортная галерея; 5 — расходные бункеры; 6 — пост приготовления бетона; 7 — пост разгрузки цемента; 9 — склад цемента; 10 — стенд; 11 — склад готовой продукции

Разновидностью стендового способа является кассетный способ изготовления изделий на заводах сборного железобетона. Отличие этого способа заключается в том, что формирование изделий происходит в вертикальном положении в стационарных разъемных групповых металлических формах-кассетах, в которых изделия находятся до приобретения бетоном заданной прочности. Рабочее звено, задействованное

в производстве изделия, перемещается от одной кассетной установки к другой, что при соответствующем числе форм обеспечивает непрерывный производственный поток.

33.4. Охрана труда и окружающей природной среды

Эксплуатация заводов ЖБИ сопровождается выделением вредных веществ и сточных вод, повышенным производственным шумом, тепловыми излучениями и вибрациями.

Для заводов ЖБИ характерно большое выделение тепла и переувлажнение воздуха в производственных помещениях. Главным источником переувлажнения являются пропарочные камеры и автоклавы. Повышение безопасности обслуживания обеспечивается за счет применения средств регулирования и полной автоматизации управления. Условия труда значительно улучшаются устройством приточно-вытяжной вентиляции, изоляцией нагреваемых частей машины, герметизацией камер и паропроводов.

Во всех помещениях необходимо предусматривать естественную или искусственную вентиляцию. Для защиты от перегрева рабочие должны иметь защитную одежду с повышенной гигроскопичностью и воздухопроницаемостью.

Для ликвидации опасного влияния вибрации машин и оборудования с динамическими нагрузками их необходимо тщательно изолировать и перевести на дистанционное или автоматическое управление. Рабочие, обслуживающие вибрационные установки, должны быть обеспечены специальными рукавицами и ботинками с утолщенной подошвой из мягкой резины.

Для борьбы с шумом следует использовать изолирующие кожухи. В больших цехах потолок и стены на 50% облицовывают штукатуркой, пористыми плитами, звукоизолируют машины от фундаментов. В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют наушники, ушные заглушки, шлемы. Для защиты органов дыхания от токсичных газов и паров целесообразно использование противогазов и изолирующих дыхательных приборов — респираторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильные дороги общего пользования Российской Федерации : справочник. М. : Росавтодор, 2003.
2. *Васильев А., Шамбар П.* Поверхностная обработка с синхронным распределением материалов. М. : Трансдорнаука, 1999.
3. ГОСТ 9128—2009. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
4. ГОСТ 23558—94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Взамен ГОСТ 23558—79 введен 1 января 1995 г. М., 1995.
5. ГОСТ 30491—97. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. Введен впервые 1 сентября 1997 г.
6. ГОСТ 310150—2009. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон. Щебеночно-мастичные. Технические условия.
7. ОДН 218. 046—01. Проектирование нежестких дорожных одежд / Росавтодор Министерства транспорта Российской Федерации. М. : Информавтодор, 2001.
8. ОДН 218.1.052—2002. Оценка прочности и расчет усиления нежестких дорожных одежд / Росавтодор Министерства транспорта Российской Федерации. М. : Информавтодор, 2002.
9. *Ольховиков В. М.* Строительство дорожных оснований : учеб. пособие. М. : Техполиграфцентр, 2008.
10. Проектирование автомобильных дорог : справочник-энциклопедия дорожника. Т. 5 / Г.А. Федотов, П.И. Пospelов, Э.К. Кузахметова [и др.] ; под ред. Г.А. Федотова. М. : Информавтодор, 2007.
11. *Силкин В. В.* Технология и организация работ на производственных предприятиях дорожного строительства : учеб. пособие. М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005.
12. Справочник дорожных терминов / под ред. В. В. Ушакова. М. : Эконинформ, 2005.
13. Строительство и реконструкция автомобильных дорог : справочник-энциклопедия дорожника. Т. 1 / А. П. Васильев, Б. С. Марышев, В. В. Силкин [и др.] ; под ред. А. П. Васильева. М. : Информавтодор, 2005.
14. *Шумейко А. Н., Юрковский И. М., Немчинов М. В.* Автомобильные дороги России. Состояние и перспективы. М. : МАДИ (ГТУ), 2007.