

Белорусский национальный технический университет

Факультет транспортных коммуникаций

Кафедра «Автомобильные дороги»

СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
КОМПЛЕКС**

для специальности 1 - 70 03 01 «Автомобильные дороги»

Составители: Зиневич С.И., Ходан Е.П., Реут Ж.В., Жуковский Е.М.

Перечень материалов

Теоретический раздел (*конспект лекций*)

Практический раздел (*перечни практических и лабораторных работ, рекомендации по их выполнению; состав и содержание курсовых проектов и рекомендации по их выполнению; примеры решения задач*)

Раздел контроля знаний (*контрольные вопросы по изучаемой дисциплине*)

Вспомогательный раздел (*учебная программа по дисциплине; перечень дополнительных материалов для изучения дисциплины*)

Пояснительная записка

Цели ЭУМК Цель УЭМК заключается в подготовке инженера-строителя по специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» и формирования у него профессиональных знаний по технологиям строительства, реконструкции и ремонта земляного полотна и дорожных одежд всех существующих категорий автомобильных дорог, на основе применения современных материалов, передовых способов строительства и производительных машин и комплексов.

Особенности структурирования и подачи учебного материала ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по дисциплине «Строительство автомобильных дорог». Состоит из четырех разделов: теоретического, практического, контроля знаний и вспомогательного. В теоретический раздел входит краткий курс лекций по дисциплине. Для выполнения лабораторных, практических работ и курсовых проектов приведен практический раздел, включающий с методические указания по их выполнению. Раздел контроля знаний включает вопросы для подготовки к сдаче экзамена. Вспомогательный раздел включает типовую учебную программу и перечень дополнительных материалов для изучения дисциплины.

Рекомендации по организации работы с ЭУМК Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC – совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	12
<i>СТРОИТЕЛЬСТВО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА</i>	13
ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	14
ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	15
ТРЕБОВАНИЯ К ГРУНТАМ.....	16
ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	17
ВЫБОР СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ	18
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ	19
ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЗАКРЕПЛЕНИЕ ТРАССЫ	19
РАСЧИСТКА ДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ	21
УДАЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЛОЯ.....	22
РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМПОЛОТНА.....	23
РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМПОЛОТНА	25
ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	25
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДООТВОДА	26
ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ	27
СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРЕХВАТЫВАЮЩИХ ДРЕНАЖЕЙ.....	27
СТРОИТЕЛЬСТВО ПОНИЖАЮЩИХ ДРЕНАЖЕЙ.....	29
СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫХ И КАПИЛЯРОПРЕРЫВАЮЩИХ СЛОЁВ	30
ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	32
СПОСОБЫ ОТСЫПКИ НАСЫПЕЙ И РАЗРАБОТКИ ВЫЕМОК	32
ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ ИЗ ГРУНТА ВЫЕМОК ИЛИ ГРУНТОВЫХ КАРЬЕРОВ	33

РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И ОТСЫПКА СМЕЖНЫХ НАСЫПЕЙ БУЛЬДОЗЕРАМИ.....	34
ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ, РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И ГРУНТОВЫХ КАРЬЕРОВ СКРЕПЕРАМИ	36
РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И КАРЬЕРОВ ЭКСКАВАТОРОМ.....	37
СТРОИТЕЛЬСТВО НАСЫПЕЙ ИЗ ГРУНТА БОКОВЫХ РЕЗЕРВОВ	39
КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА КОСОГОРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СПОСОБЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ	41
ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА КОСОГОРАХ.....	42
ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМПОЛОТНА И ОТКОСОВ	43
УКРЕПЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	44
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ	46
ТЕХНОЛОГИЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ.....	48
СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА БОЛОТАХ. ТИПЫ БОЛОТ.	49
КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ	49
ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ С ПОЛНЫМ ИЛИ ЧАСТИЧНЫМ ВЫТОРФОВЫВАНИЕМ	53
ВЫТОРФОВЫВАНИЕ СПОСОБОМ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ.....	55
УДАЛЕНИЕ БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПУТЁМ ИХ ОТЖАТИЯ МАССОЙ НАСЫПИ	56
ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ БЕЗ ВЫТОРФОВЫВАНИЯ	57
ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА С ДРЕНАЖНЫМИ ПРОРЕЗЯМИ И ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ДРЕНАМИ В ОСНОВАНИИ.....	58
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НАСЫПЕЙ НА БОЛОТАХ.....	60
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	62
ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ ПРОСЛОЕК ИЗ НЕТКАНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	64

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕУВЛАЖНЁННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	65
УДАЛЕНИЕ ЛИШНЕЙ ВЛАГИ ИЗ ГРУНТА ПРОСУШИВАНИЕМ И ПУТЁМ ДОБАВКИ В ПЕРЕУВЛАЖНЁННЫЙ СУХОГО ГРУНТА.....	66
ОСУШЕНИЕ ПЕРЕУВЛАЖНЁННОГО ГРУНТА АКТИВНЫМИ ДОБАВКАМИ	67
ОСУШЕНИЕ ПЕРЕУВЛАЖНЁННОГО ГРУНТА КОНСОЛИДАЦИЕЙ ПОД НАГРУЗКОЙ.....	68
 ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ.....	69
ОСОБЕННОСТИ ЗИМНИХ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ	69
РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И РАЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ ЗИМОЙ	70
 ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	72
ПЕРЕСТРОЙКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ.....	72
УШИРЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ	73
ПОВЫШЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	76
 КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМПОЛОТНА	77
УЧЁТ И ПРИЁМКА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	77
ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	79
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ, ВЫБОР МАШИН И КОМПЛЕКТОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ....	81
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	82
 СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД КАПИТАЛЬНОГО ТИПА	84
ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ КАПИТАЛЬНОГО ТИПА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ...	85
ПОДГОТОВКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	86

СТРОИТЕЛЬСТВО ОСНОВАНИЙ	87
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	87
ОСНОВАНИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕ ОБРАБОТАННЫХ ВЯЖУЩИМИ	89
ОСНОВАНИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОБРАБОТАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ.....	91
УКРЕПЛЕНИЕ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ОСНОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЯЖУЩИМИ.....	93
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУНТОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ.....	93
СТРОИТЕЛЬСТВО ОСНОВАНИЙ ИЗ ГРУНТОВ УКРЕПЛЁННЫХ МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЯЖУЩИМИ.....	94
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ УНОСА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОСНОВАНИЙ	96
СТРОИТЕЛЬСТВО ОСНОВАНИЙ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЁННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ.....	97
КОМПЛЕКСНЫЕ СПОСОБЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОСНОВАНИЙ.....	99
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛОЙ ОСНОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПОДСТИЛАЮЩЕГО СЛОЯ.....	100
УСТРОЙСТВО ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЛОЯ ОСНОВАНИЯ	101
УСТРОЙСТВО ДРЕНИРУЮЩЕГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЛОЯ ОСНОВАНИЯ	101
ОСУШЕНИЕ ДРЕНИРУЮЩЕГО СЛОЯ И ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА.....	103
 ЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ	 104
ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	104
ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ.....	105
ПОДБОР СОСТАВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	106
ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ	106
ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТОБЕТОННОЙ СМЕСИ	107

КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ...	107
ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ	109
ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО НЕНАПРЯЖЕННОГО БЕТОНА	111
СТРОИТЕЛЬСТВО МОНОЛИТНЫХ АРМОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ..	112
СТРОИТЕЛЬСТВО БЕТОННЫХ НЕПРЕРЫВНО АРМИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ	113
УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ СРАЩИВАНИЯ СЛОЁВ	116
УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ С ОГОЛЁННЫМ КРУПНЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ (ТЕХНОЛОГИЯ «МЫТЫЙ БЕТОН»)	117
УХОД ЗА СВЕЖЕУЛОЖЕННЫМ БЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ	117
НАРЕЗКА И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ.....	118
СТРОИТЕЛЬСТВО ПОКРЫТИЙ ИЗ УКАТЫВАЕМЫХ БЕТОНОВ	119
ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА	120
СТРОИТЕЛЬСТВО СБОРНЫХ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	121
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	122
РАЗВИТИЕ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	123
НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ.....	125
АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	125
РАБОТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	127
КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ	128
ВЫБОР ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	131
ВЫБОР МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	132
КЛАССИФИКАЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ.....	133

ВЫБОР АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ	134
УЛУЧШЕННЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ НЕЖЁСТКОГО ТИПА	136
ПРИГОТОВЛЕНИЕ СМЕСИ И РЕЖИМЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ	137
ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	140
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ УСТРОЙСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	141
УКЛАДКА ГОРЯЧИХ И ТЁПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ.	143
УПЛОТНЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ ГОРЯЧИХ И ТЁПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ.....	145
ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЁВ «ГОРЯЧЕЕ ПО ГОРЯЧЕМУ»	149
ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ЛИТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ.....	150
ПОКРЫТИЯ ИЗ ПЛАСТБЕТОНОВ	152
УСТРОЙСТВО ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ.....	153
ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ Пониженной температуре воздуха.....	154
ОХРАНА ТРУДА ПРИ УСТРОЙСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	155
ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ПРИЁМКА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	156
МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРИЁМКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ	158
ОБСТАНОВКА ПУТИ	163
ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ДОРОЖНОГО И ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.....	166

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ОБЛЕГЧЕННОГО, ПЕРЕХОДНОГО И НИЗШЕГО ТИПОВ	169
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ НИЗШИХ КАТЕГОРИЙ (VI-A И VI-B). ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	170
ТИПЫ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ДОРОГАХ НИЗШИХ КАТЕГОРИЙ.....	170
ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ НИЗШЕГО ТИПА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	172
ПРОФИЛИРОВАННЫЕ ГРУНТОВЫЕ ДОРОГИ	173
ПОКРЫТИЯ ИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ГРУНТОВЫХ СМЕСЕЙ	174
ПОКРЫТИЯ ИЗ ГРУНТОВ, УЛУЧШЕННЫХ СКЕЛЕТНЫМИ ДОБАВКАМИ	177
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НИЗШЕГО ТИПА	178
ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ ПЕРЕХОДНОГО ТИПА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ...	179
ПОДГОТОВКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПЕРЕХОДНОГО ТИПА	180
ЩЕБЁНОЧНО (ГРАВИЙНО) – ПЕСЧАНЫЕ ПОКРЫТИЯ	182
ПОКРЫТИЕ ИЗ ЩЕБНЯ ПРОЧНЫХ ПОРОД, УСТРОЕННОЕ ПО СПОСОБУ ЗАКЛИНКИ	185
МОСТОВЫЕ	188
БУЛЫЖНЫЕ МОСТОВЫЕ.....	189
МОСТОВЫЕ ИЗ БРУСЧАТКИ.....	193
МОЗАИКОВЫЕ МОСТОВЫЕ	199
МОСТОВЫЕ ИЗ КЛИНКЕРА	201
МОСТОВЫЕ ИЗ БЕТОННЫХ ПЛИТ МАЛОГО РАЗМЕРА.....	202
МОСТОВЫЕ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПЛИТ МАЛОГО РАЗМЕРА.	204
ПОКРЫТИЯ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЁННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	205
МЕТОДЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ВЯЖУЩИМИ.....	206
ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЁННЫХ ВЯЖУЩИМИ	207

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЁННЫХ ВЯЖУЩИМИ	209
УКРЕПЛЕНИЕ (СТАБИЛИЗАЦИЯ) ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕСАЙКЛЕРОВ	210
ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ ОБЛЕГЧЁННОГО ТИПА.....	210
ПОКРЫТИЯ ИЗ ЩЕБНЯ, ОБРАБОТАННОГО ОРГАНИЧЕСКИМ ВЯЖУЩИМ ПО СПОСОБУ ПРОПИТКИ.....	211
ПОКРЫТИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБРАБОТАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ ПУТЁМ СМЕШЕНИЯ НА ДОРОГЕ	213
ПОКРЫТИЯ ИЗ ЩЕБНЯ, ОБРАБОТАННОГО ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ В СТАЦИОНАРНОЙ УСТАНОВКЕ.....	216
ПОКРЫТИЯ ИЗ ВЛАЖНЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ (ВОМС)	219
ПОКРЫТИЯ ИЗ ЭМУЛЬСИОННО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ.....	221
 ПОКРЫТИЯ ИЗ ХОЛОДНЫХ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ.....	223
ПОКРЫТИЯ ИЗ ПЛОТНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ, УКЛАДЫВАЕМЫХ В ХОЛОДНОМ СОСТОЯНИИ	225
 ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ	227
УШИРЕНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ	228
УСИЛЕНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД.....	230
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕСАЙКЛЕРОВ (ХОЛОДНЫЙ РЕСАЙКЛИНГ)	230
 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ.....	233
 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	238
 ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ	239
ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ.....	241

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА НА ТЕМУ «ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА».....	242
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА НА ТЕМУ «СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ КАПИТАЛЬНОГО ТИПА» ...	245
ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ	247
КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ	255
СТРОИТЕЛЬСТВО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	256
СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД КАПИТАЛЬНОГО ТИПА	258
СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ОБЛЕГЧЕННОГО, ПЕРЕХОДНОГО И НИЗШЕГО ТИПОВ	260
ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	262
ТИПОВАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА	263
ПЕРЕЧЕНЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	269

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

СТРОИТЕЛЬСТВО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Земляное полотно – один из основных конструктивных элементов автомобильной дороги, от устойчивости и прочности которого зависит срок службы дорожной одежды. Прочность и устойчивость земляного полотна обеспечиваются: 1) уплотнением грунтов; 2) регулированием водно-теплового режима; 3) назначением соответствующей крутизны откосов и их укреплением от размыва и оползания. Под регулированием водно-теплового режима земляного полотна понимается: 1) удаление поверхностной воды; 2) возвышение низа дорожной одежды над уровнем грунтовых вод (УГВ); 3) применение грунтов, не склонных к льдообразованию и увеличению объёма при насыщении водой; 4) устройство дренажей и водонепроницаемых и капилляропрерывающих слоёв.

Прочность грунтов увеличивают различными методами. Например, для увеличения прочности слабых грунтов добавляют другой грунт, получая оптимальную смесь по зерновому составу. Значительно увеличивается прочность грунта при укреплении его различными, даже малоактивными вяжущими материалами (зола, молотый шлак, бокситовый шлак и др.). А введение в грунт небольшого количества цемента или извести в несколько раз увеличивает его водостойкость. Для увеличения прочности и устойчивости земляного полотна выполняют его армирование. Для армирования используют стекловолокно, укладывая его перпендикулярно оси дороги, или тканый или нетканый синтетический материал, укладывая его на всю ширину земляного полотна. Прочность земляного полотна также зависит от рационального расположения различных грунтов.

На косогоре устойчивость земляного полотна связана с правильностью врезки её в косогор, устройством подпорных стенок, устройством глубоких дренажей.

При сооружении земляного полотна объём работ по возведению 1 км дороги в равнинной и слабопересечённой местности составляет: для дороги I категории – 25 000 м³; II - III категории – 15-20 тыс. м³; IV - V категории – 10-15 тыс. м³.

Земляные работы выполняют круглый год. Зимой разрабатывают глубокие выемки, возводят насыпи на болотах.

ТИПОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

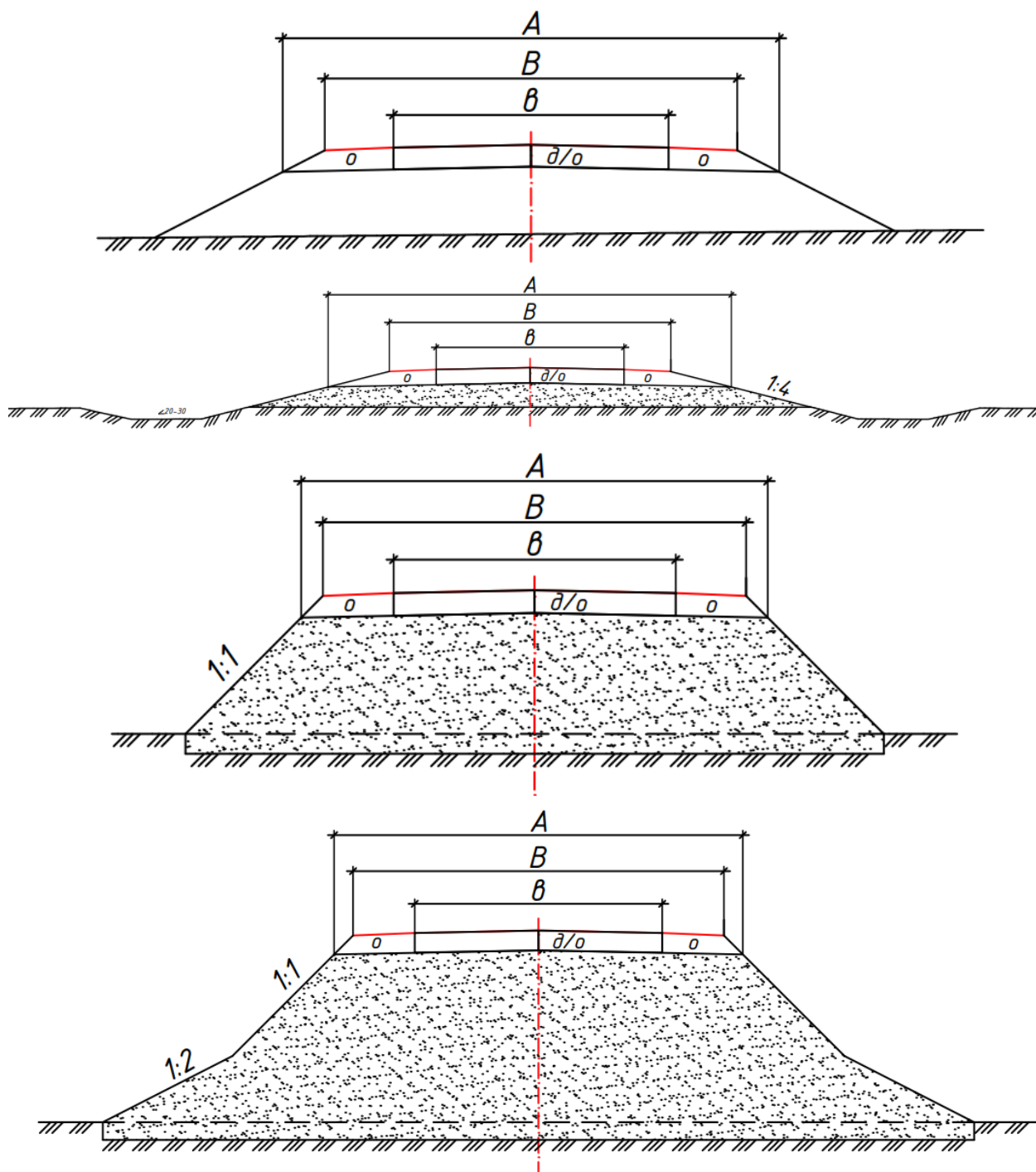


Рис. 1. Конструкция земляного полотна на насыпях:

а – насыпи высотой до 2 – 3 м без боковых резервов;

б - насыпи высотой 1,5 м с боковыми резервами;

в – насыпи высотой 2 – 6 м;

г – насыпи высотой 6 – 12 м;

А – ширина земляного полотна; В – ширина земляного полотна;

в – ширина проезжей части; о – обочины; д/о - -дорожная одежда.

в - -

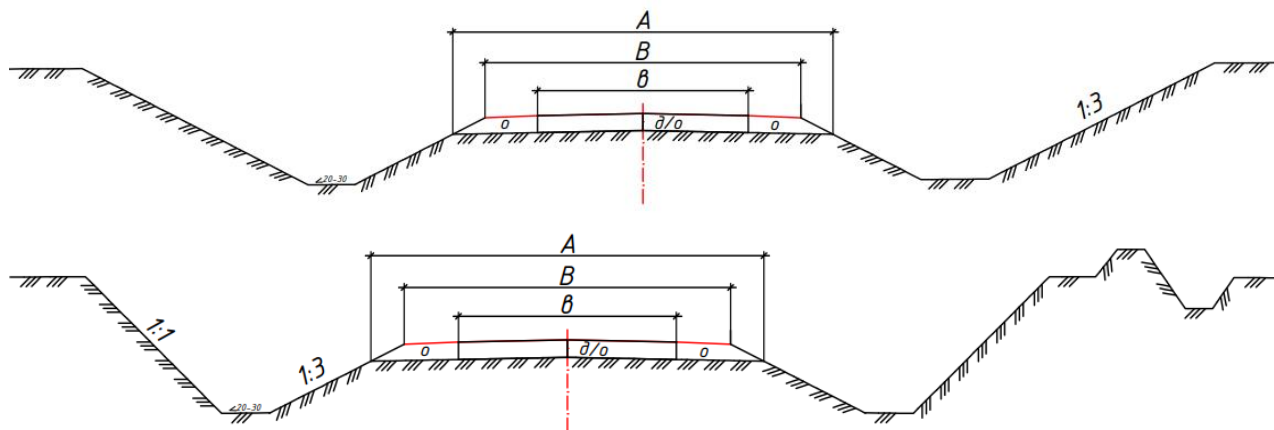


Рис. 2. Конструкция земляного полотна на участках выемок:

- а – выемки глубиной до 5 м на снегозаносимых участках;
 б – выемки глубиной до 12 м.

При наличии неблагоприятных условий земляное полотно возводят по индивидуальному проекту. 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; пересечение крутых и глубоких балок и оврагов.

При сооружении земляного полотна объём работ по возведению 1 км дороги в равнинной и слабопересечённой местности составляет для дорог I категории около 25 тыс. м³; II- III категории 15-20 тыс. м³; IV – V категории 10 – 15 тыс. м³. Земляные работы выполняют круглый год. Зимой разрабатывают глубокие выемки, возводят насыпи на болотах.

ТРЕБОВАНИЯ К ГРУНТАМ

Земляное полотно чаще всего сооружают из местных грунтов, которые выбирают по их физико-механическим свойствам, важнейшими из которых являются: пластичность, липкость, водопроницаемость, склонность к изменению объёма при колебаниях влажности и температура, а также коэффициент внутреннего трения и сцепления. При сооружении земляного полотна нужно стремиться к применению песчаных и супесчаных грунтов, а также отходов промышленности. Чаще всего местные грунты относятся к пылеватым. Поэтому при возведении земляного полотна из таких грунтов из таких грунтов, чтобы не увеличивать толщину дорожной одежды и эксплуатационные расходы, верхнюю часть земляного полотна на 0,5 – 0,75 м отсыпают из песчаных грунтов.

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. В верхней части насыпи должны применяться лучшие, более прочные грунты, так как эта часть насыпи обычно подвергается большему воздействию природных факторов и транспортной нагрузке. 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 ведёт 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.

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.

ТЕХНОЛОГИЯ РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Земляные работы, выполняемые при строительстве автомобильных дорог, как правило, неоднородны по длине строящейся дороги. Объёмы земляных работ изменяются в соответствии с изменением высоты насыпей и глубины выемок. Конструкции земляного полотна меняются также в зависимости от этих характеристик и, кроме того, от грунтово-гидрологических условий. 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 – это непосредственная разработка выемок и отсыпка насыпей. Основные работы включают такие главные технологические процессы, как рыхление и копание грунта, его транспортировка в места отсыпки насыпей, 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, выполняют специальные работы или технологические процессы: удаляют торф, устраивают изолирующие прослойки и т.д.

ВЫБОР СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

Все земляные работы выполняются с помощью различных машин, которые подбирают таким образом, чтобы обеспечить надлежащее качество работ и высокие темпы строительства. Выбор машин для различных условий и технологических процессов производят на основании расчётов 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. Экскаваторы иногда применяют в сочетании с другими машинами, например бульдозерами и скреперами. Наряду с экскаваторами применяют самоходные фронтальные погрузчики. При лёгких грунтах они самостоятельно производят их разборку, а при плотных для разборки применяют рыхлители или бульдозеры, погрузчик же выполняет только погрузку. При выборе машины для земляных работ учитывают объёмы работ и сроки их выполнения. Более экономично применение мощных машин, т.е. машин с большими объёмами кузова или ковша, но объём работ должен быть достаточен для непрерывной и продолжительной их работы. Оптимальный вариант при выборе машин устанавливают путём сравнения различных вариантов по основным технико-экономическим показателям: стоимости работ, затратам энергии, выработке на одного рабочего. Последовательно рассматривая каждый отдельный участок сооружаемой дороги, устанавливают способы ведения земляных работ в зависимости от местных условий: конструкции земляного полотна на данном участке; вида их расположения грунтов в карьерах и выемках; рельефа местности; возможности строительства временных дорог для движения машин. 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 объёма работ на рассматриваемом участке дороги.

$$C = \frac{\sum t \cdot \mu}{v}; \quad \sum t \cdot \mu = t_1 \cdot \mu_1 + t_2 \cdot \mu_2 + t_3 \cdot \mu_3 \dots \dots \dots,$$

где C – стоимость единицы работ, руб/м³; t – время работ каждого вида машин, необходимого для выполнения всего объёма работ, маш./смен;

μ – стоимость машино/смены, руб.;

v – объём земляных работ на объектах, м³.

Энергоёмкость работ устанавливают по затраченной работе, приходящейся на единицу объёма земляных работ;

$$\Theta = \frac{\sum t \cdot N}{v}; \quad \sum t \cdot N = t_1 \cdot N_1 + t_2 \cdot N_2 + t_3 \cdot N_3 \dots\dots\dots,$$

где: Θ – энергоёмкость продукции, Дж/м³;

N – мощность двигателей машин, Вт.

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

$$B = \frac{v}{\sum U}; \quad \sum U = U_1 + U_2 + U_3 \dots\dots\dots;$$

где: B – выработка на одного рабочего, м³/чел.-день;

U – время работы рабочих по каждому технологическому процессу, чел.-дней.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

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 земельных угодий и могут быть повреждены отдельные знаки, указывающие положение трассы и т.п. Поэтому перед началом строительных работ необходимо вновь уточнить положение дороги на местности и восстановить закрепление трассы. Трасса – это линия, определяющая положение на местности геометрической оси дороги. Трасса может быть в местах насыпей выше поверхности земли, а в местах выемок – ниже её. Разметку трассы производят, применяя реперы, располагаемые вблизи будущего земляного полотна (репер – это закреплённая на местности точка с известной отметкой).

Строительная организация-подрядчик. На которую возложено строительство а/д, организует в своём составе геодезическую службу, выполняющую все геодезические разбивочные работы на протяжении всего строительства дороги.. Организация-заказчик не менее чем за 10 дней до начала работ передаёт организации-подрядчику всю необходимую проектную документацию и данные о геодезической основе, представляющей опорную сеть. Т.е. совокупность всех реперов и всех точек с известными координатами опорных пунктов, установленных на местности при изыскательских работах. Организация-заказчик силами своей геодезической службы производит восстановление на местности опорной сети и передачу её геодезической службе строительной организации. Восстановление трассы состоит в нанесении на местности основных осей сооружений, а также развитии (сгущении точек) опорной сети с восстановлением всех точек и осей как земляного полотна, так и всех дорожных сооружений. Для сохранения всех точек до начала строительных работ их закрепляют на местности. На прямых участках дороги закрепление производят на границах однородных проектных участках. Вершины углов поворота (ВУ) закрепляют установкой столбов, которые заканчивают на расстоянии 0,5 м от фактической вершины угла. На этих столбах записывают порядковый номер угла, радиус и тангенс кривой.

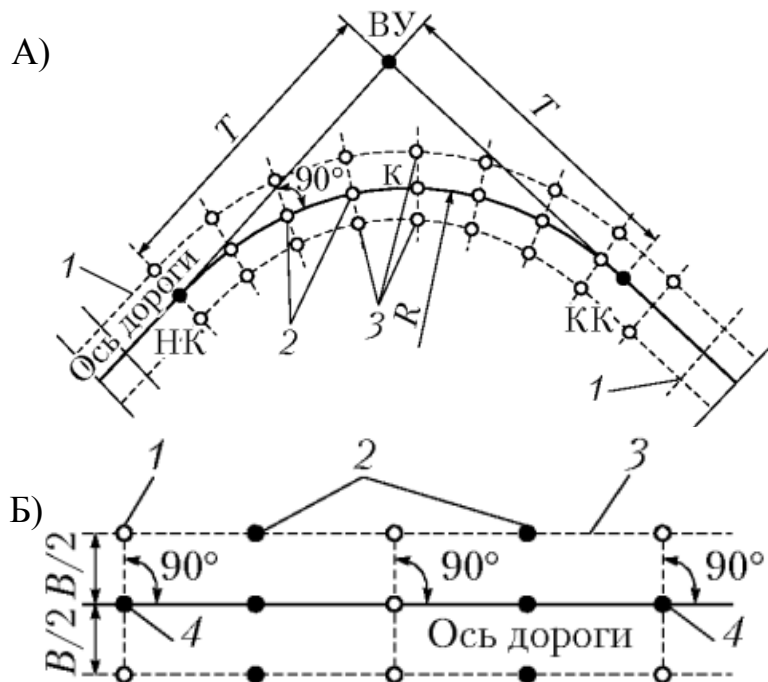


Рис. Схема закрепления оси дороги: а – на криволинейном участке трассы; б – на прямом участке; 1 – граница полосы отвода; 2 – пикеты; 3 - выносные столбики с отметками; 4 – выносные колья; НК – начало кривой; КК – конец кривой; ВУ – вершина угла; Т – тангенс кривой; R – радиус кривой; B - ширина полосы отвода.

Высоты точек закрепляют, устанавливают 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 землёй в виде конуса. В качестве реперов можно использовать цоколи зданий, опоры мостов, крупные камни.

При восстановлении трассы проводят закрепление на местности дополнительных земельных участков, отводимых для резервов и карьеров, для различных производственных предприятий и размещения дорожных и транспортных служб.

Закреплённую дорожную полосу оформляют в виде плана отводимых земель с приложением журнала закрепления и утверждают в соответствующих организациях. На подлежащие уничтожению сады, посевы и прочее составляют акты совместно с землепользователем.

РАСЧИСТКА ДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ

Полосу земли, отведённую для размещения дороги, 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 трудоёмкой работой по подготовке дорожной полосы. Лесная растительность является ценным материалом и поэтому при расчистке полосы от деревьев и кустарника стараются получить древесину хорошего 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 по грунтовым дорогам. Пни убирают летом, когда оттаёт земля. В летний период при небольшом количестве деревьев валку леса можно производить бульдозером без спиливания. Пни корчуют бульдозером, корчевателем или взрыванием. Оставшиеся после корчевания пней или валки деревьев ямы засыпают грунтом и уплотняют. Всю поверхность планируют.

Срезку кустарника кусторезами производят зимой. В зимнее время стволы кустов закреплены в промёрзшей почве и кусторез хорошо их срезает (стволы не гнутся). Мелкие камни объёмом до 1 м³ удаляют бульдозером, а крупные объёмом большим 1 м³ взрывают и остатки удаляют бульдозером.

УДАЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЛОЯ

Плодородный почвенный слой (растительный грунт) снимают со всей площади, отведенной для строительства дороги, и укладывают в отвалы для последующего использования. Толщину снимаемого слоя устанавливают проектом на основании предварительного согласования с землепользователями (в среднем 20-25 см). Растительный грунт используют при укреплении откосов з/п на разделительной полосе, для рекультивации восстанавливаемых или малопродуктивных сельскохозяйственных земель. Работу выполняют с помощью бульдозеров или скреперов.

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

$$q = \frac{\ell \cdot H^2}{2K},$$

где:

ℓ - длина отвала бульдозера;

H – высота отвала;

K – коэффициент, зависящий от свойств грунта.

Производительность бульдозера при срезке и применении растительного слоя грунта:

$$\Pi = \frac{T \cdot q \cdot K_n \cdot K_i \cdot K_B}{t \cdot K_p},$$

где:

T – продолжительность смены, ч;

q – объём грунта, перемещаемого за один цикл, м³;

K_n – коэффициент, учитывающий потери грунта при его перемещении;

K_i - коэффициент, учитывающий наличие подъёма или уклона (при подъёме 150‰, $K_i = 0,5$, при уклоне 150‰, $K_i = 2,25$);

K_B - коэффициент использования времени;

t - время, затрачиваемое на один цикл, ч;

K_p - коэффициент разрыхления грунта ($K_p > 1$).

Объём перемещаемого грунта одним скрепером зависит от вместимости ковша скрепера и его заполнения. Производительность скрепера:

$$\Pi_c = \frac{T \cdot q_c \cdot K_H \cdot K_B}{t_c \cdot K_p}$$

где:

- T – продолжительность смены, ч;
- q_c – вместимость ковша скрепера, m^3 ;
- K_H – коэффициент наполнения ковша;
- K_B – коэффициент использования времени;
- t_c – время, затраченное на один цикл, ч;
- K_p – коэффициент разрыхления труда.

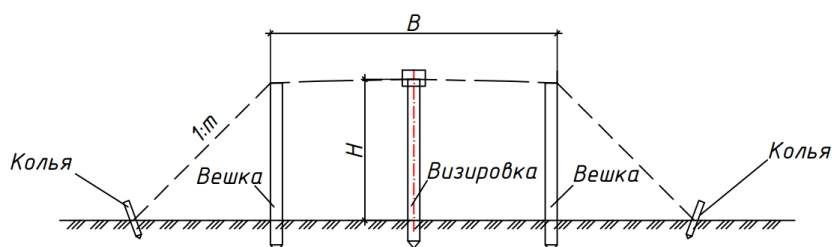
Растительный грунт укладывают во временные отвалы или вывозят сразу на место использования в качестве плодородного слоя. Временные отвалы располагают по краям полосы отвода или на специальных площадках.

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

РАЗБИВОЧНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

После очистки временной полосы отвода, снятия и удаления растительного слоя, проверяют сохранность знаков, определяющих пункты геодезической основы. Разбивка земляного полотна состоит в нанесении и закреплении на местности основных точек, определяющих поперечные размеры будущих насыпей (границы их подошвы) и верхние бровки выемок с учётом уклона местности, толщины снимаемого растительного слоя и расположения боковых канав и резервов. Эти границы отмечают бороздами, вырезаемыми автогрейдером или кольями, забиваемыми через 25-30 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.

Разбивка насыпей на горизонтальном участке ведётся по следующей схеме:

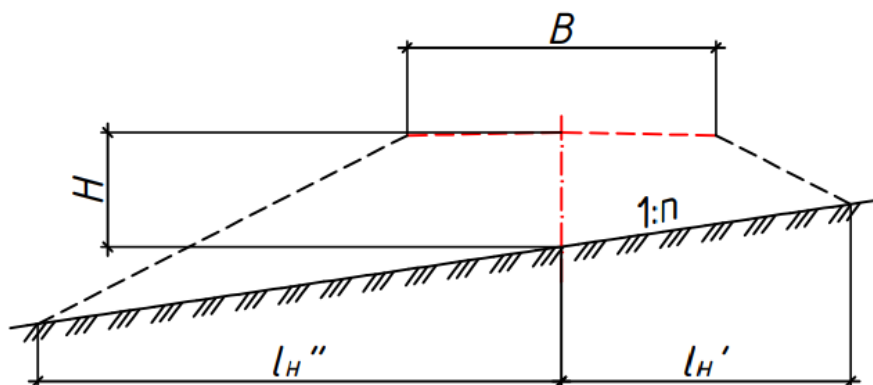


На кривых восстановленная трасса имеет закреплённые точки – начала и конца кривой и пересечение направлений трассы – вершину угла. На основании

этих данных производят геодезическую разбивку промежуточных точек кривой. В этих точках находят направление нормалей кривой, а затем от оси дороги вдоль каждой нормали устанавливают положение всех точек поперечного профиля земляного полотна.

При разбивке насыпи на склоне границы подошвы з/п определяют по формуле:

$$l'_H = \frac{\frac{B}{2} + m \cdot H}{1 - \frac{m}{n}}; \quad l''_H = \frac{\frac{B}{2} + m \cdot H}{1 + \frac{m}{n}}$$



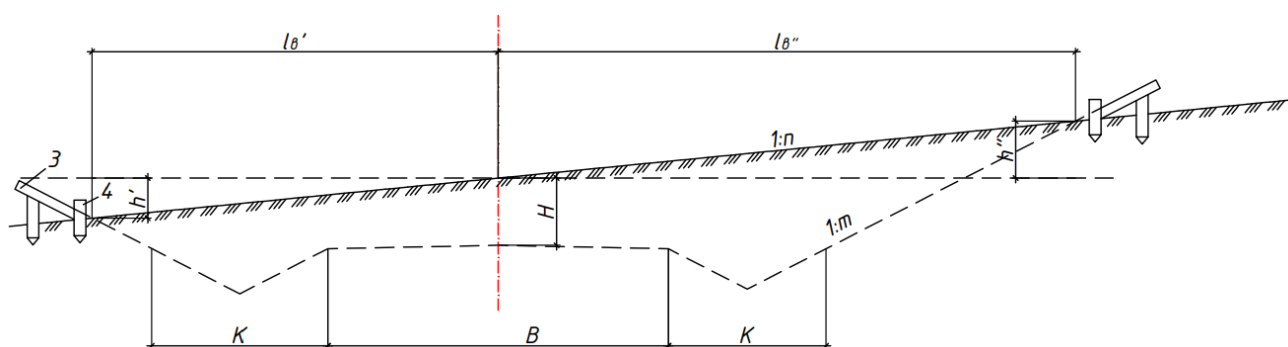
где

l'_H - расстояние по горизонтали от оси насыпи до подошвы со стороны низового откоса;

l''_H - то же со стороны верхнего откоса.

При разбивке выемок на склоне границы бровок выемок определяются таким образом:

$$l'_B = \frac{\frac{B}{2} + K + mH}{1 + \frac{m}{n}}; \quad l''_B = \frac{\frac{B}{2} + K + mH}{1 - \frac{m}{n}}$$

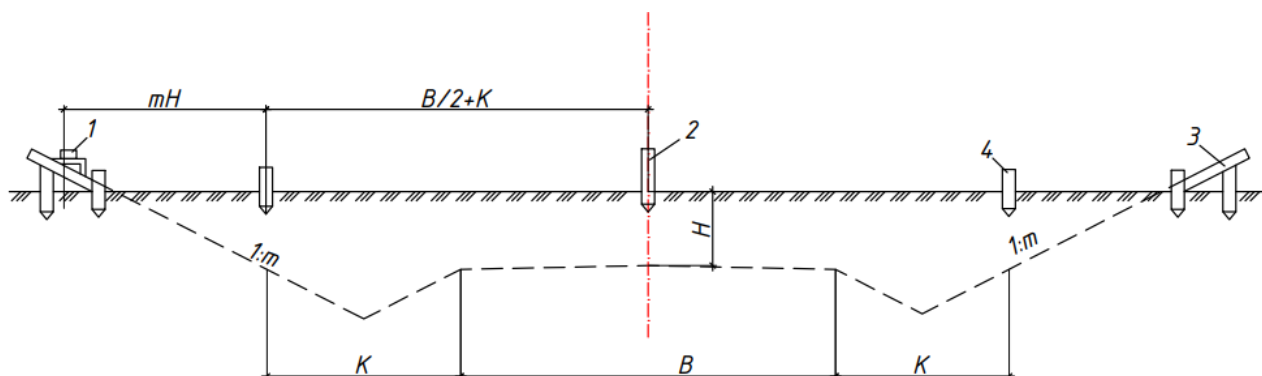


где:

l'_B - расстояние по горизонтали от оси выемки до бровки низового откоса;

l''_B - то же до бровки верхового откоса.

Разбивку выемки на горизонтальном участке производят по следующей схеме:



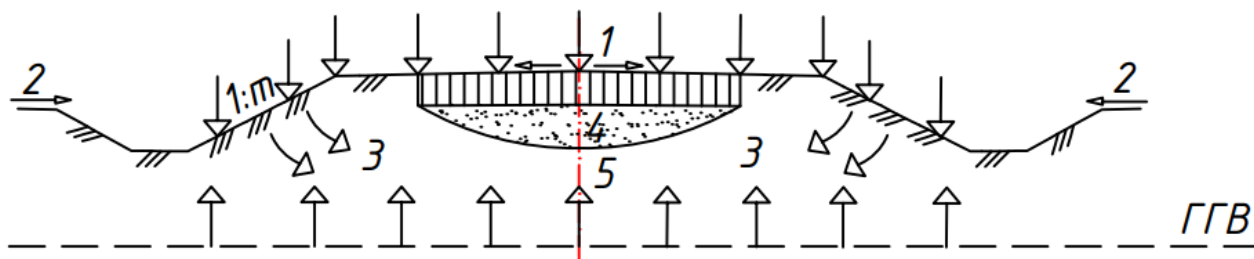
На схемах: 1 – отвесное лекало с уровнем; 2 – веха; 3 – шаблон; 4 -колья.

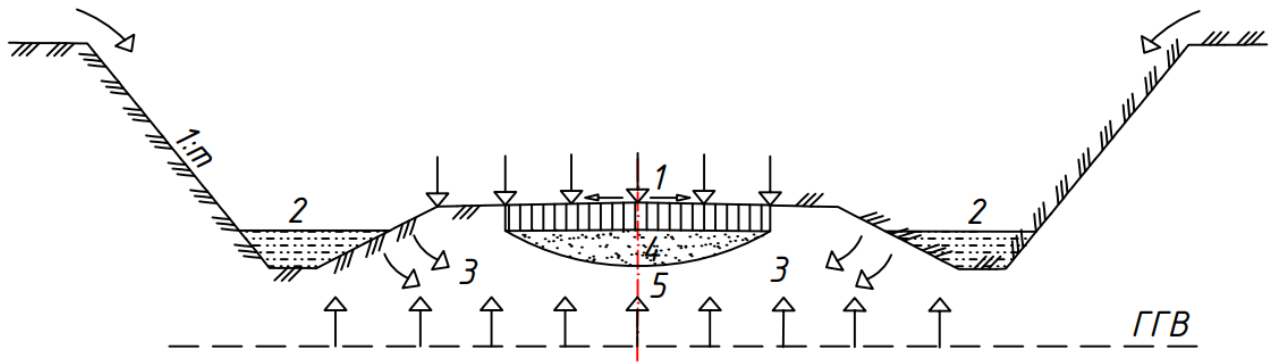
При насыпях до 1,5 м, по оси забивают колья, указывающие номера пикетов и высоту насыпи, а рядом ставят веху с поперечной планкой наверху, обозначающей поверхность будущей насыпи.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

ВОДНО-ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Прочность и устойчивость земляного полотна зависят от его водно-теплового режима. Водно-тепловым режимом называют изменения температуры и влажности в различных точках земляного полотна во времени года. Если эти изменения выходят за пределы, при которых земляное полотно теряет свою прочность и устойчивость, необходимо строительство сооружений, предохраняющих его от переувлажнения и резких изменений температуры. Виды увлажнения земляного полотна могут быть следующие:





На рисунках: 1- атмосферные осадки; 2 – поверхностные воды; 3 – просачивающаяся вода; 4 – парообразная вода; 5 – пленочная вода; 6 – капиллярная вода; ГГВ – горизонт грунтовых вод.

Регулировать ГГВ можно обеспечением поверхностного водоотвода, устройством дренажей для перехвата и понижения УГВ, устройством водонепроницаемых и капилляропрерывающих слоёв.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДООТВОДА

Основная задача при возведении земляного полотна – создание системы поверхностного водоотвода в виде ряда сооружений, принимающих прибывающую к дороге воду и отводящих её в ближайшие водоёмы. В состав системы поверхностного водоотвода входят 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 водоёмы, лотки на больших уклонах и др. Ряд водоотводных сооружений должен начать работу до возведения земляного полотна. Поэтому отсыпку насыпи начинают с разработки резервов и канав. До начала разработки выемок прорывают нагорные канавы, предварительно производят разрушение болот. Канavam с откосами 1:1,5 (реже 1:2) придают уклон не менее 5‰. В равнинной местности возможно снижение уклона до 3‰. Глубина боковых лотков и канав не должна превышать 0,5 м. 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 которых придают уклон в сторону от насыпи. В местах перехода выемки в насыпь и при приближении к водоёмам боковые канавы отводят в стороны.

На продольных уклонах более 20‰ канавы укрепляют плитами, которые укладывают непосредственно на грунт. Если уклон канав более 30‰ плиты укладывают на слой 10-15 см мелкого щебня или гравия размером 5-20 мм. Швы между плитами заливают битумной мастикой или цементным раствором.

Всю систему поверхностного водоотвода проверяют по её работе во время сильного дождя. Замеченные места застоя воды и размывы исправляют.

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

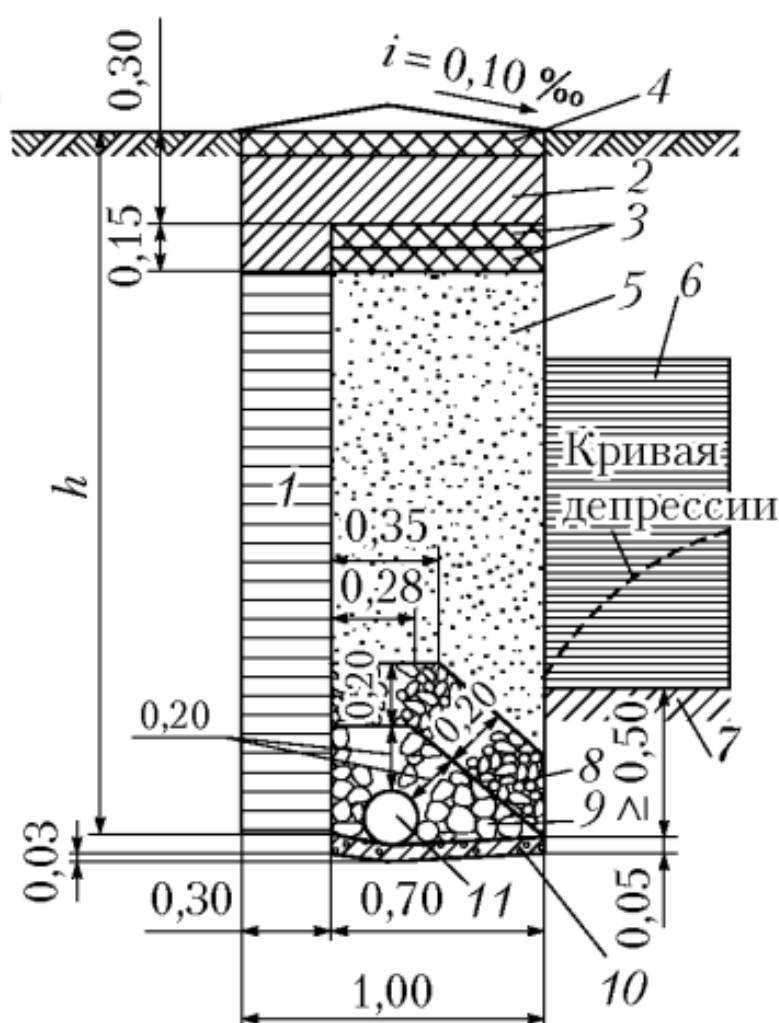
Трубы под насыпями – это сооружения для пропуска ливневых и талых вод и небольших постоянно действующих водотоков с расходом воды до 100...130 м³/с. По гидравлическому признаку трубы подразделяются на напорные, в которых протекающая вода заполняет всё сечение трубы, и безнапорные, заполняемые водой до 2/3 сечения по высоте. Возможен и полунапорный режим работы, когда вода заполняет всё сечение трубы только на часть её длины (со стороны входа). По форме поперечного сечения трубы бывают круглые, прямоугольные и овальные. Бывают одно-, двух- и много очковые. Труба состоит из тела и двух оголовков – входного и выходного. Нижняя часть трубы, по которой протекает вода, называется лотком. В железобетонных сборных трубах звенья выполняются длиной 1...3 м. Швы между звеньями во избежание протекания воды заполняют паклей, пропитанной горячим битумом, а снаружи покрывают изоляционным материалом. Оголовки предназначены для обеспечения плавного входа и выхода водного потока, поддержания откосов насыпи, предохранения входного и выходного отверстия от засыпания грунтом. Фундаменты труб делают сборными из бетонных блоков или монолитными бетонными. Звенья труб с отверстием $\phi \leq 1$ м укладывают, как правило, непосредственно на щебёночно-песчаную или гравийно-песчаную подушку, а при благоприятных инженерно-геологических условиях – на естественное основание. Оголовки труб устанавливают на бетонные или железобетонные фундаменты. Толщина засыпки грунта над трубой – не менее 0,5 м.

Для строительства водопропускной трубы создаётся геодезическая опорная сеть. На местности закрепляют продольную ось трубы и точку пересечения продольной оси трубы с трассой дороги. От продольной оси трубы разбивают очертания котлована. Котлован роют бульдозером, а при наличии грунтовых вод – экскаватором - драглайтенем. Строительство фундамента труб ведут из сборных блоков. На фундамент монтируют элементы трубы. Затем устраивают защитный слой и выполняют засыпку.

СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРЕХВАТЫВАЮЩИХ ДРЕНАЖЕЙ

На отдельных участках дороги, проходящей в выемках, при глубине их ниже УГВ приходится прорезать водоносный слой. Если не принимать мер, то

вода из водоносного слоя будет просачиваться и стекать по откосу в выемку, что приведёт к сползанию откоса и переувлажнению земляного полотна и дорожной одежды. Эту воду задерживают и собирают перехватывающим дренажем. Строить такой дренаж целесообразно до сооружения выемки. Конструкция дренажа предусматривает основной элемент – дренажную трубу, обернутую геотекстилем, укладываемую на грунтощебёночную или гравийную подушку. На рисунке: 1- экран из мятой глины; 2 – местный грунт; 3 – утрамбованный глинистый грунт; 4 – дёрн; 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 втрамбованный в грунт (подушка для дрен); 11 – дренажная труба.



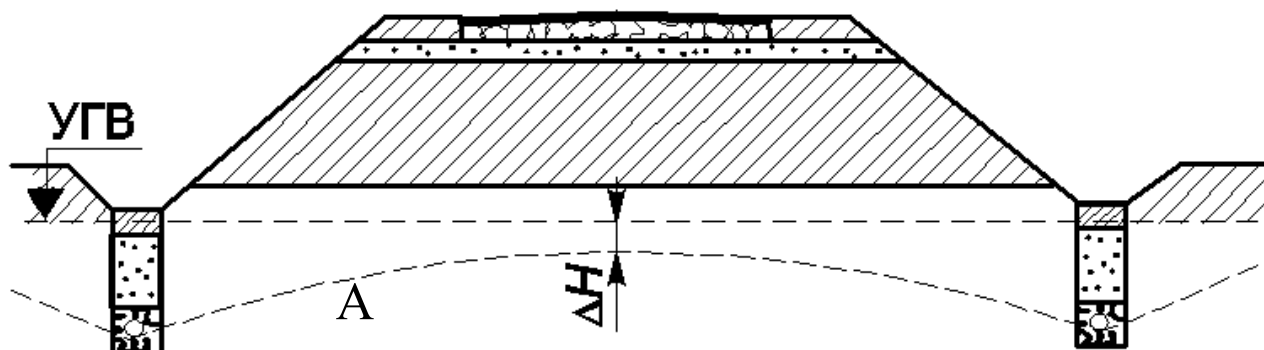
На толщину водоносного слоя со стороны откоса выемки в траншею, выкопанную для устройства дренажа, путём укладки послойно глинистого грунта создают глинистый водонепроницаемый экран в виде стенки (на рисунке позиция 1). Остальную часть траншеи заполняют песком. Сверху укладывают утрамбованный глинистый грунт и затем присыпают местным грунтом.

Для дренажа применяют трубы гончарные, асбоцементные, пластмассовые внутренним диаметром 50-300 мм. Для поступления воды в трубы в них делают водоприёмные отверстия, прорези или ограничиваются стыками между звеньями труб. Уложенные в траншею трубы в стыках обертывают фильтровыми тканями (геотекстиль) или соединяют кольцевыми полимерными муфтами.

На всех переломах продольной линии дренажа в плане и на прямых участках через 60-80 м устанавливают смотровые колодцы. Их назначение – облегчить нахождение пробок и мест, препятствующих нормальному протеканию воды в трубах. Колодцы делают из сборных железобетонных колец диаметром около 1 м.

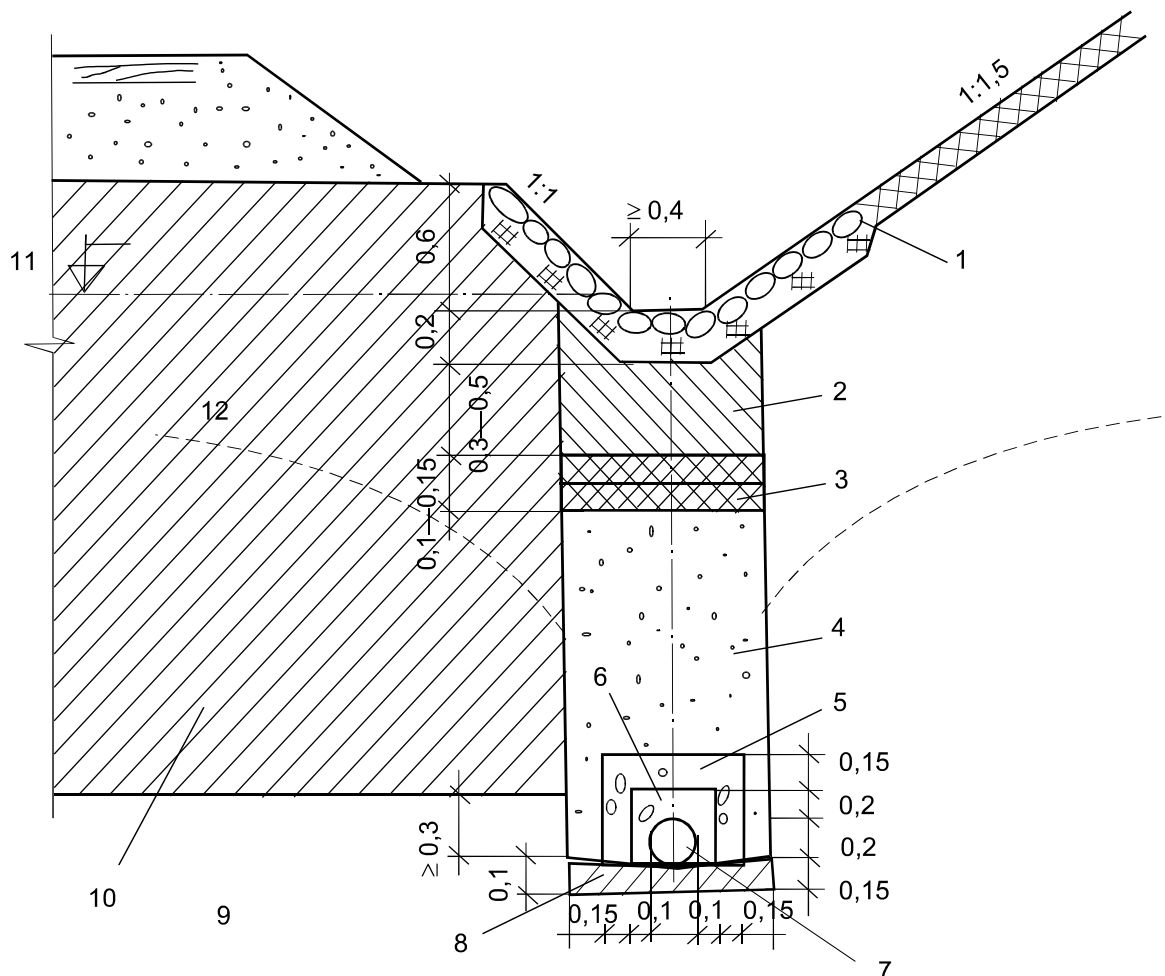
СТРОИТЕЛЬСТВО ПОНИЖАЮЩИХ ДРЕНАЖЕЙ

При расположении уровня грунтовых вод под земляным полотном и возможном переувлажнении слагающих его грунтов капиллярной водой возникает необходимость строительства глубоких дренажей для понижения УГВ в пределах земляного полотна. УГВ снижают на такую величину, чтобы капиллярная вода не достигала дорожной одежды.



На рисунке: А – кривая депрессии

Конструкция понижающего дренажа может быть следующей:



1 – укрепление кювета; 2 – утрамбованный глинистый грунт; 3 – два слоя мягкой глины; 4 – среднезернистый песок; 5 – щебень (гравий) фракции 5-10 мм; 6 – щебень (гравий) фракции 70 мм; 7 – дренажная трубка \varnothing 15-20 см; 8 – основание, уплотнённое трамбованным щебнем; 9 – водоупорный слой; 10 – осушаемый массив грунта; 11 – горизонт воды до устройства дренажа; 12 – кривая депрессии

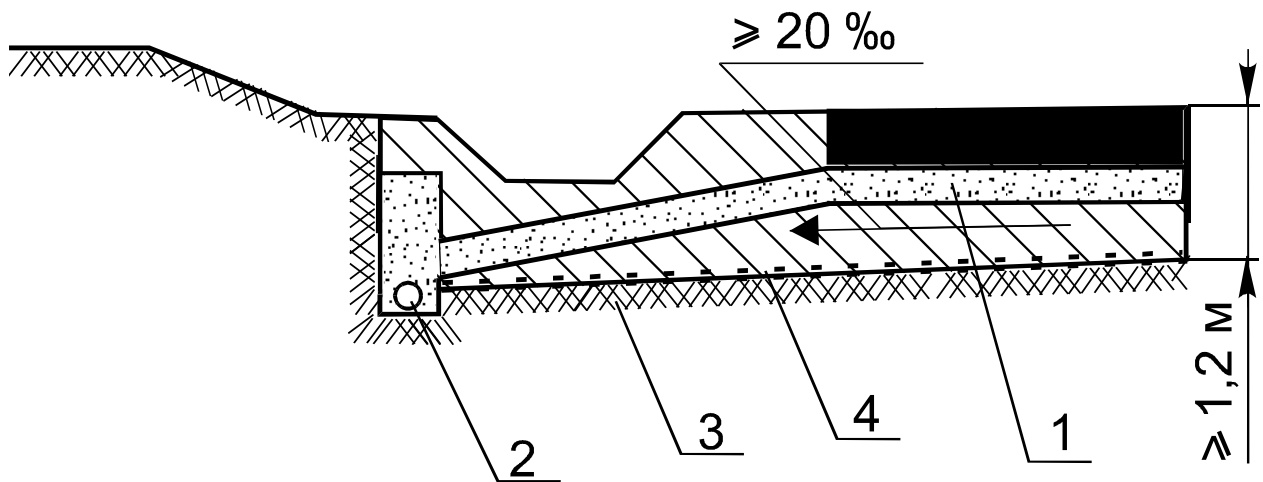
СТРОИТЕЛЬСТВО ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫХ И КАПИЛЯРОПРЕРЫВАЮЩИХ СЛОЁВ

При расположении дороги на местности II и III типов увлажнения в целях снижения возможного переувлажнения верхней части земляного полотна и дорожной одежды за счёт поднятия парообразной и капиллярной воды укладывают водопаронепроницаемые слои. Они необходимы в насыпях, возвышение бровок которых над расчётным уровнем грунтовых и поверхностных вод недостаточно, чтобы выдержать установленные нормы возвышения низа дорожной одежды. Водопаронепроницаемые слои укладывают на всю ширину земляного полотна, или, в целях экономии материалов, на ширину проезжей части с превышением её каждой стороны на

0,5 м. Водонепроницаемые слои устраняют доступ влаги в любом её виде к дорожной одежде. При насыпях высотой менее 1 м после снятия растительного слоя можно строить водонепроницаемый слой для устранения подъёма грунтовых вод путём разрыхления местного грунта на глубину 5-10 см, розлива по нему органического вяжущего материала с расходом 2-3 л/м², смещения за один проход фрезой или за два-три прохода автогрейдером и укатка сначала легким, а затем тяжёлым катком. В качестве вяжущего материала целесообразно применять гудрон, жидкие битумы с вязкостью 25/40, нефть, эмульсии. При насыпях высотой более 1 м водонепроницаемый слой устраивают на глубине 0,8 м, считая от бровки насыпи. При такой глубине водонепроницаемого слоя вышерасположенные грунты не будут подвержены морозному пучению.

Помимо обработки местного грунта, проводят строительство водонепроницаемого слоя толщиной 3-3,5 см из доставленной с завода готовой горячей битумоминеральной смеси или из гидроизола. Очень хорошее решение – это расстилка синтетической плёнки из полиэтилена высокого давления, поливинилхлорида и плёнки на основе полиизобутилена. Полимерные плёнки имеют ширину полотна от 2,4 до 12 м и толщину от 0,1 до 2 мм. Чем шире и толще плёнка, тем лучше. Подготовительной работой является заготовка полотнищ плёнок, 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 распределяют бульдозером надвиганием, т.е. бульдозер перемещает грунт, работая «от себя» чтобы не повредить плёнку.

Капилляропрерывающие слои располагают в насыпях на всю их ширину на глубине, считая от бровки, равной 1 м. Назначение этих слоёв – создать преграду для подъёма капиллярной воды. Капилляропрерывающие слои состоят из крупного щебня или гравия размером 5-10 мм и более. В таком слое капиллярная вода не может подниматься. Снизу и сверху капилляропрерывающего слоя располагают противозаливающие слои.



1 — противозаливающие слои; 2 — трубчатый дренаж; 3 — глинистый грунт; 4 — капилляропрерывающая прослойка

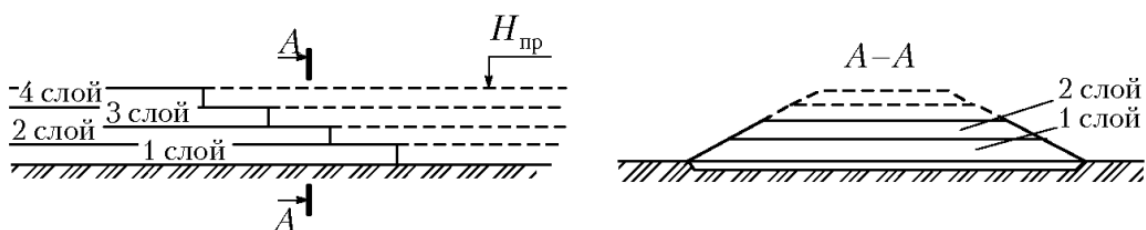
Противозаливающие слои устраивают из местных материалов (топочных шлаков, чистых каменных высевок 0-5 мм, торфа и др.).

В результате строительства водонепроницаемых и капилляропрерывающих слоёв сохраняют грунт в верхней части земляного полотна с пониженной влажностью. Это предохраняет дорожную одежду от пучинообразования.

ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

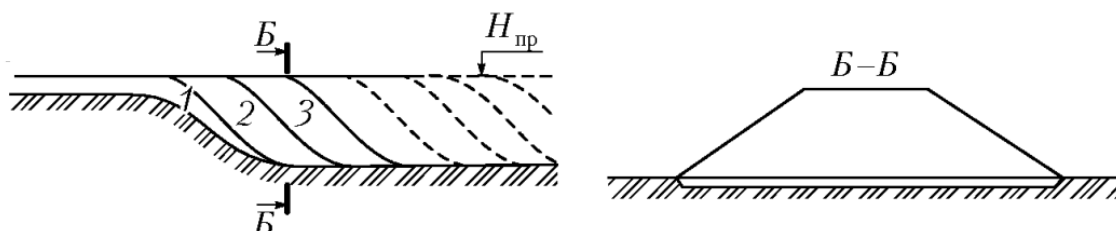
СПОСОБЫ ОТСЫПКИ НАСЫПЕЙ И РАЗРАБОТКИ ВЫЕМОК

Возведение насыпей состоит из последовательной укладки грунта. Укладку грунта вдут таким образом, чтобы образовался ровный слой определённой толщины, который легко можно уплотнить. Последовательно укладывая слои грунта один на другой, доводят насыпь до нужной высоты (проектной отметки). Такой способ возведения насыпи называют способом послойной отсыпки.

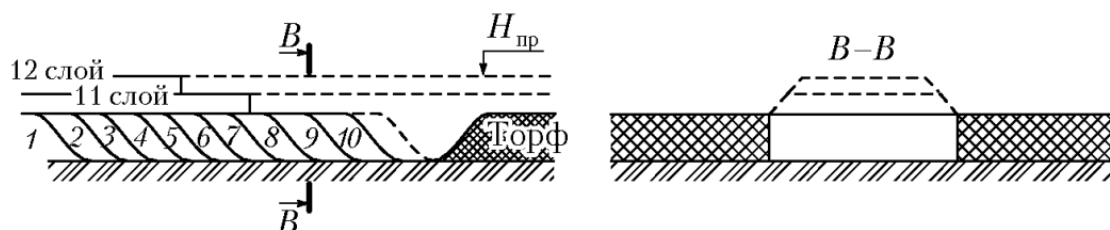


Основное достоинство этого способа — получение насыпи с требуемой плотностью грунта в любой её части. Кроме того, послойная укладка грунта позволяет вести отсыпку насыпей из разных грунтов.

При возведении земляного полотна на участках пересечения болота или оврага с крутыми склонами произвести послойную укладку грунта становится невозможным. В таких случаях применяют способ отсыпки насыпи с головы. При этом способе с самого начала насыпь отсыпают до проектной отметки, а наращивание её происходит непрерывно в торце до тех пор, пока она не пересечет весь участок болота или оврага.



Основным недостатком этого способа является трудность уплотнения грунта всей насыпи. Чтобы уменьшить недостатки этого способа, применяют так называемый комбинированный способ. Сущность его состоит в сочетании отсыпки насыпи с головы и послойной отсыпки. Например, при сооружении насыпи на болоте можно нижнюю её часть от минерального дна до поверхности болота вести по способу с головы, а верхнюю отсыпать послойно.



Выемки неглубокие (до 6 м) при однородных грунтах разрабатывают экскаватором сразу до проектных отметок. Такой способ разработки называют лобовым. Если выемку разрабатывают не сразу на полную глубину, а постепенно – по частям, то способ носит название ярусной разработки.

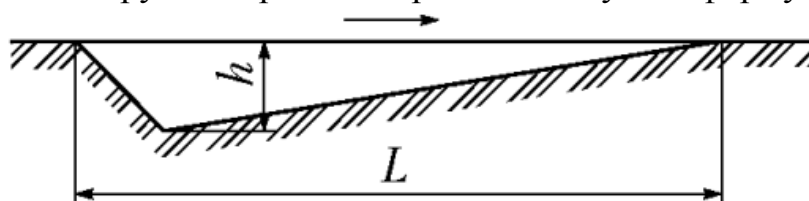
ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ ИЗ ГРУНТА ВЫЕМОК ИЛИ ГРУНТОВЫХ КАРЬЕРОВ

Грунты, получаемые при разработке выемок, стараются использовать для возведения насыпей. Однако иногда эти грунты оказываются непригодными для насыпей. В этих случаях грунты берут из грунтовых карьеров. Для выполнения основных работ применяют бульдозеры, скреперы, экскаваторы или погрузчики с транспортными средствами. Выбор машин зависит от расстояний перевозки, вида и состояния грунта, сроков и объёмов работ.

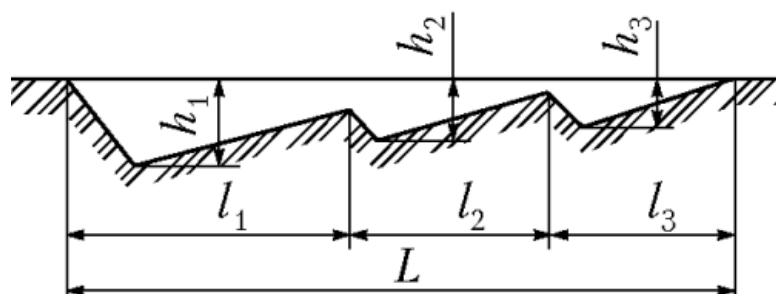
Поэтому при выборе машин принимают решение на основании технико-экономических расчётов.

РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И ОТСЫПКА СМЕЖНЫХ НАСЫПЕЙ БУЛЬДОЗЕРАМИ

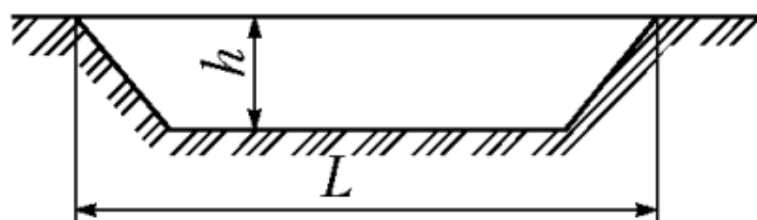
Рабочий цикл бульдозера при возведении земляного полотна состоит из резания грунта, его перемещения, укладки и обратного холостого хода бульдозера в забой. Разработку грунта бульдозером начинают с резания и набора грунта. Вначале резание производят при максимальном заглублении отвала, уменьшая его по мере образования перед отвалом достаточного количества грунта. Стружка резания при этом получает форму клина.



При разработке тяжёлого грунта заглубление производят несколько раз (набирают грунт небольшими дозами). Стружка резания при такой работе будет иметь гребенчатую форму.

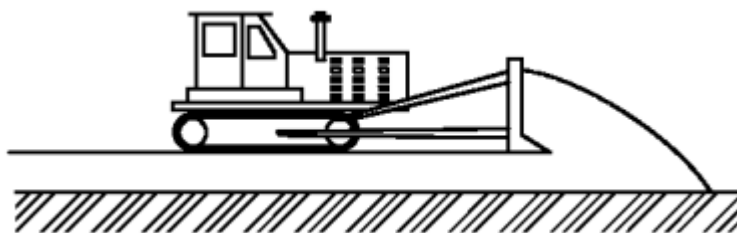


Для лёгких грунтов его разрабатывают при постоянной наибольшей глубине резания. Стружка при этом получается ленточной. Длина участка резания L и время полного набора грунта перед отвалом будут наименьшими.

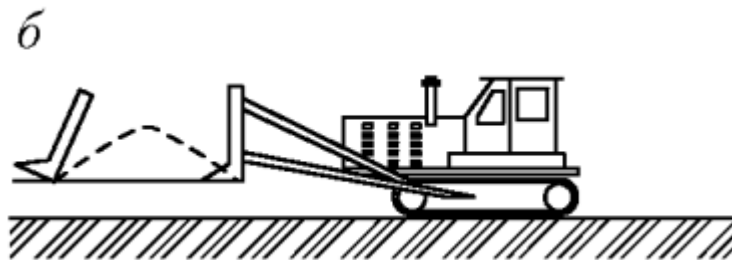


Перемещение грунта к месту укладки начинается по окончании набора его перед отвалом. При перемещении грунт ссыпается по краям отвала, что вызывает значительные потери. Для уменьшения потерь при перемещении грунта применяют два способа: 1) по траншее в грунте естественного состояния; 2) по траншее, образованной из валов грунта, осыпавшегося во время предыдущих проходов бульдозера. Для получения траншей в грунте зарезание выполняют бульдозером по одно и тому же следу несколько раз. Объём грунта, перемещаемого по траншее за один проход бульдозера, увеличивается в среднем на 20%. Когда траншею в грунте получить невозможно (сыпучие песчаные грунты) грунт перемещают по одному и тому же следу несколько раз, в результате чего из осыпавшегося по краям отвала грунта образуются валы, между которыми получается траншея 40-60 см, что в дальнейшем исключает потери грунта во время его перемещения. Основной объём работ бульдозером выполняют траншейным способом. Для уменьшения потери грунта отвал бульдозера оборудуют открылками, что в 1,5 раза повышает производительность работ. Также для повышения производительности применяют козырьки, которые исключают возможность пересыпания грунта через верх отвала.

Укладку перемещаемого грунта выполняют различными способами. Например, отвал бульдозера во время движения поднимается на высоту 15-20 см, и грунт распределяется ровным слоем заданной толщины. Этот способ называется укладкой «от себя».



При другом способе машинист, доставив грунт к месту укладки, быстро поднимает отвал не останавливая бульдозер, продвигается на 1,0-1,5 м вперёд, после этого останавливает машину, опускает отвал на грунт и, двигаясь задним ходом, тыльной стороной отвала разравнивает доставленный грунт. Этот способ называется укладкой «на себя».



При разработке неглубоких выемок (примерно до 6 м) из полученного грунта возводят участки прилегающих насыпей. Разработку выемки ведут ярусно-траншейным способом, а возведение насыпи – послойным. Каждый отсыпанный слой насыпи выравнивают автогрейдером. К концу смены должен быть полностью отсыпан, выровнен и уплотнён слой грунта на всей длине захватки. Это необходимо для обеспечения стока воды в случае выпадения атмосферных осадков.

ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ, РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И ГРУНТОВЫХ КАРЬЕРОВ СКРЕПЕРАМИ

Скреперы предназначены для разработки и транспортирования грунта на сравнительно большие расстояния до 3 км. По объёму ковша скреперы бывают от 4,5 до 25 м³. Скреперы не могут быть использованы на заболоченных участках, при переувлажнённых глинистых грунтах, в сыпучих песках и при грунтах с включениями крупных камней.

Ковш скрепера наполняют при прямолинейном движении. Для пути наполнения 15-25 м.

Для лучшего наполнения ковша плотные грунты могут предварительно разрыхлять.

Эффективность работы скреперов зависит в сильной степени от подготовки и состояния землевозных путей. Подъездные пути прокладывают с учетом движения в груженом состоянии. Уклоны на подъём должны быть до 150‰, на спуск до 200‰, поперечный уклон не более 100‰. Радиусы закругления должны быть не менее 20 м. Движение порожних скреперов часто используют для выравнивания и планировки землевозных путей.

Разгрузку скреперов производят только 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. Насыпи отсыпают параллельными полосами при движении скрепера вдоль оси дороги, в последовательности от краёв к середине.

Технологические процессы при разработке выемки или карьера и возведению насыпи скрепером состоят из следующих операций:

- 1) подготовка основания насыпи и площади выемки или карьера (удаление растительного грунта бульдозером или скрепером и перемещение его на склад;
- 2) уплотнение естественного основания насыпи катками;
- 3) рыхление грунта (если грунты плотные) в выемке или карьере рыхлителем послойно по мере разработки грунта;
- 4) разработка грунта в выемке или грунтовом карьере скреперами, транспортирование к насыпи и распределение слоем проектной толщины;
- 5) послойное разравнивание грунта в насыпи автогрейдером;
- 6) послойное уплотнение грунта насыпи катками;
- 7) планировка верхней части насыпи и откосов насыпи и выемки.

Кроме перечисленных основных технологических процессов, выполняют работы по устройству и содержанию землевозных путей, перемещению растительного грунта на откосы для укрепления их посевом травы.

При планировании земляных работ, выполняемых скрепером, используют формулу для расчёта его производительности:

$$\Pi = \frac{3600 T \cdot q \cdot K_n \cdot K_v}{t_{\text{ц}} K_p},$$

где:

T – продолжительность рабочей смены, ч;

q - вместимость ковша скрепера, м³;

K_n – коэффициент наполнения ковша (от 0,8 до 12);

K_v - коэффициент использования времени (0,85-0,90);

K_p - коэффициент разрыхления грунта (1,1-1,5);

$T_{\text{ц}}$ - продолжительность рабочего цикла, с;

$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$:

t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 – соответственно продолжительность: набора грунта, перемещения к месту укладки, разгрузка грунта из ковша, перемещение к месту загрузки, переключение передач (в среднем принимают 60 с)

РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И ГРУНТОВЫХ КАРЬЕРОВ ЭКСКАВАТОРОМ

При ведении земляных работ для сооружения земляного полотна применяют экскаваторы, которые различают по типу рабочего оборудования,

объёму ковша и виду ходовой части. Выбор типа экскаватора производят исходя из грунтовых и климатических условий, объёмов и сроков работ. Наиболее производительные роторные экскаваторы. Их применяют при больших сосредоточенных работах (объём на объекте более 20 тыс.м³). Одноковшовые экскаваторы применяют там, где нет возможности использовать скрепер и бульдозер.

Экскаваторы на гусеничном ходу применяют на сосредоточенных работах, когда не требуются частые перебазировки, а также на слабых основаниях.

Экскаваторы на пневмоколёсном ходу целесообразно применять на грунтах с достаточной несущей способностью, а также на рассредоточенных работах. Драглайн применяют при необходимости разработки грунтов, расположенных ниже уровня стоянки экскаватора.

Наиболее часто применяют экскаваторы с оборудованием прямая лопата.

По мощности (производительности) экскаваторы выбирают исходя из объёмов работ на объекте.

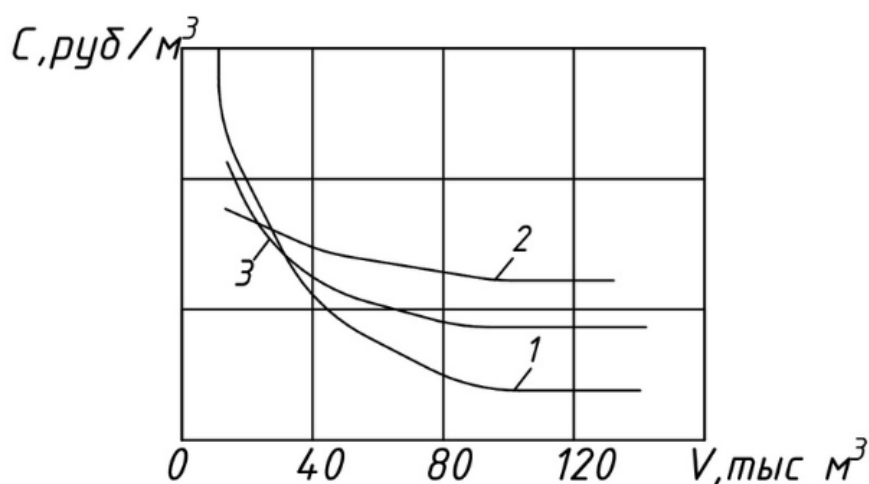


График изменения стоимости земляных работ при расстоянии транспортирования 3 км. На графике: C - стоимость работ; V - объём работ; 1 - роторный экскаватор; 2 - экскаватор с ковшом 0,65 м³; 3 - экскаватор с ковшом 1,6 м³.

Стоимость работ также зависит от грузоподъёмности используемых автомобилей.

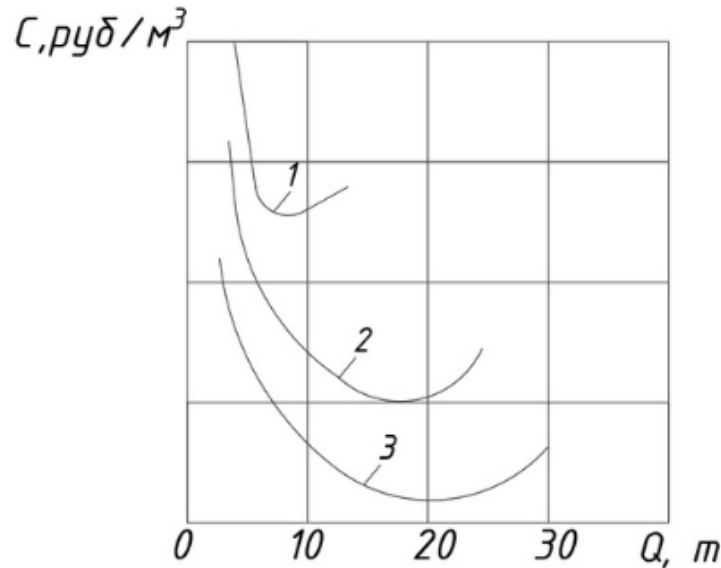


График изменения стоимости работ при расстоянии транспортирования 2 км.

На графике: C – стоимость работ; Q – грузоподъемность автомобилей; 1 – экскаватор с ковшем $0,65 \text{ м}^3$; 2 – то же $1,6 \text{ м}^3$; 3 – роторный экскаватор.

Производительность одноковшовых экскаваторов считают по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{3600 \cdot T \cdot V \cdot K_n \cdot K_v}{t_{\text{ц}} \cdot K_p},$$

где:

T – продолжительность смены, ч;

V – объем ковша экскаватора, м^3 ;

K_n – коэффициент наполнения ковша;

K_v – коэффициент использования времени;

$t_{\text{ц}}$ – продолжительность рабочего цикла экскаватора;

K_p – коэффициент разрыхления грунта.

СТРОИТЕЛЬСТВО НАСЫПЕЙ ИЗ ГРУНТА БОКОВЫХ РЕЗЕРВОВ

В условиях равнинной или слабопересечённой местности земляное полотно автомобильных дорог представляет собой невысокие насыпи (до 1 м). Для возведения таких насыпей требуется сравнительно мало грунта и его часто получают из боковых резервов, закладываемых вдоль дороги с одной или с двух сторон. Положительной стороной такого решения является низкая стоимость работ, отрицательной стороной то, что дорога занимает в два раза большую площадь земли. Поэтому строительство земляного полотна из грунта боковых резервов выполняют на участках, где дорога проходит на неплодородных землях. Работы выполняют бульдозерами, скреперами или

автогрейдером. Размеры резервов устанавливаются 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.

Наиболее часто для выполнения работ применяют бульдозер. Последовательность операций следующая:

- 1) подготовка основания (удаление растительного грунта);
- 2) уплотнение естественного основания насыпи катками;
- 3) разработка грунта в резерве, перемещение в насыпь;
- 4) разравнивание каждого слоя грунта бульдозером;
- 5) уплотнение каждого слоя грунта катками;
- 6) планировка поверхности земляного полотна и резервов автогрейдером;
- 7) рекультивация резервов.

При небольшой высоте насыпи (до 0,8 м) их можно возводить и автогрейдером. В этом случае последовательность операций следующая:

- зарезание грунта;
- поперечное его перемещение;
- послойное разравнивание.

Производительность автогрейдера определяют по формуле:

$$\Pi = \frac{q \cdot T \cdot K_B}{t_{ц} \cdot K_p},$$

где: $q = 2Lf$, L – длина захватки, м;

f – поперечное сечение вырезаемой борозды при зарезании грунта, м²;

T – продолжительность рабочей смены, ч;

$$t_{ц} = \frac{2L}{v_1} + \frac{2L}{v_2} n + 2(n + 1)t_n + 2t_y,$$

где:

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_n – время, затрачиваемое на один поворот автогрейдера в конце захватки, ч;

t_y – время на одну перемену установки отвала, ч;

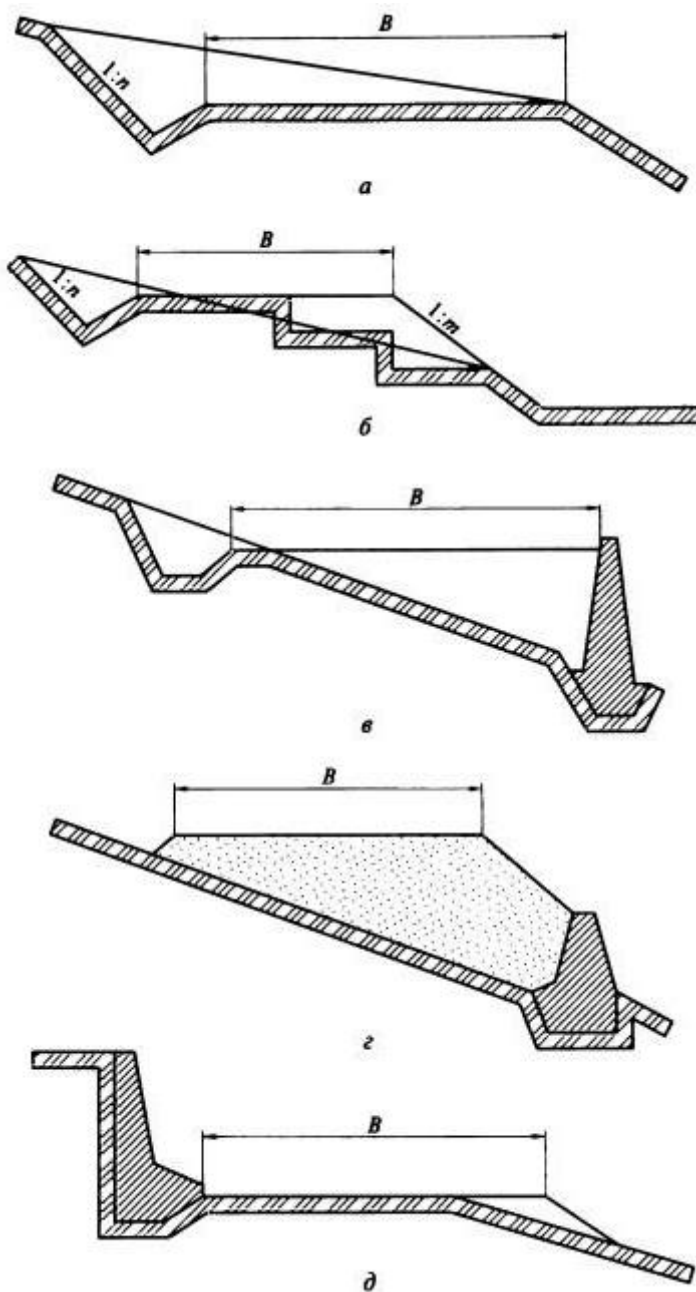
K_p – коэффициент разрыхления грунта.

Чем больше длина захватки и площадь вырезаемой борозды, тем выше производительность автогрейдера. Обычно длину захватки назначают 300-500 м.

Организация работ при возведении насыпей из боковых резервов состоит в определении места работы машин, установлении последовательности выполнения технологических процессов. Участок строящейся дороги разбивают на несколько частей, называемых захватками. На каждой из них выполняют какой-либо технологический процесс.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА КОСОГОРЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СПОСОБЫ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ

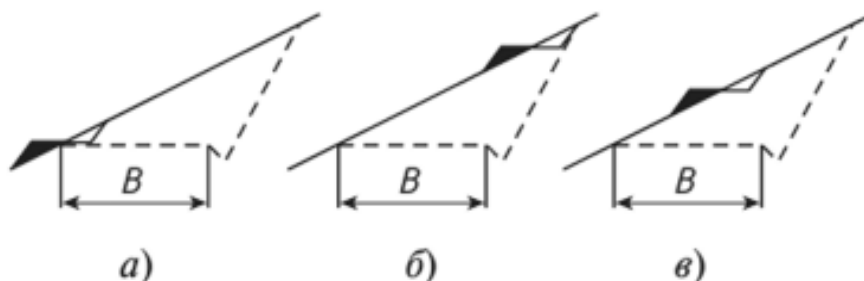
При строительстве земляного полотна на косогорах технологию работ определяют конструктивные особенности земляного полотна и грунтово-гидрологические условия местности.



Наиболее приемлемой для строительства является раскрытая выемка или полувыемка (рисунки а и б). При крутых и высоких склонах и откосах для удержания осыпающегося грунта со склона и верхового откоса устраивают верховые бермы или берму с подпорной стенкой. (рисунок д). Подпорные стенки как верховые (рисунок д), так и низовые (рисунки в, г) строят отдельными секциями в наиболее сухой период года. Частая смена конструктивных решений земляного полотна и непрерывно меняющиеся грунтово-гидрологические условия. Трудности уплотнения грунтов на косогоре требуют высокой квалификации рабочих, самой современной техники и тщательно поставленного контроля качества выполняемых работ. При работе на косогорах необходимо обращать высокое внимание на соблюдение мер безопасности.

ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА КОСОГОРАХ

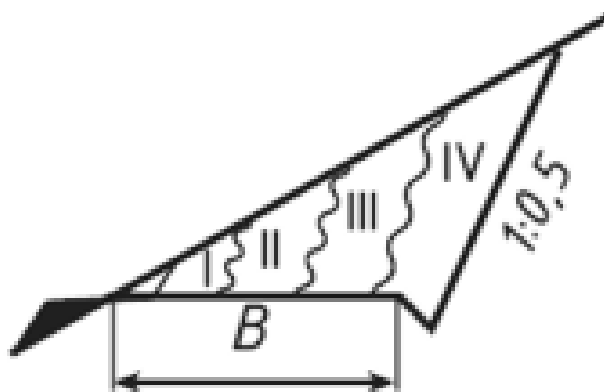
Строительство земляного полотна на косогоре включает восстановление трассы устройство пешеходной тропы, обеспечение рабочего проезда и возведение полного профиля земляного полотна. Устройство пешеходной тропы возможно в уровне отметок верха земляного полотна (рисунок а) либо в любом месте проектного поперечника строящейся дороги (рисунок б,в).



Рабочий проезд устраивают чаще всего путём расширения пешеходной тропы до 3,5-4,0 м бульдозером, что позволяет обеспечить проезд построечного транспорта. Полку рабочего проезда оборудуют временными переездами через водотоки: в возможных случаях устраивают постоянные водопропускные сооружения, хотя бы на половине проектной ширины.

После обеспечения рабочего проезда приступают к строительству мостов, труб, подпорных стен.

Постройку земляного полотна полного профиля при устройстве полувыемки, ведут, например, по схеме, где: 1, 2, 3, 4 – последовательное расширение полки в сторону косогора.



В этом случае полка рабочего проезда должна быть расположена в проектных отметках земляного полотна. Разработка грунта по указанной схеме может быть выполнена двумя бульдозерами, экскаватором или экскаватором и бульдозером.

Планировку грунта перед его уплотнением производят бульдозерами, а профилирование верхнего слоя, устройство лотков, канав и ряд отделочных работ – автогрейдерами.

ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ОТКОСОВ

После окончания основных работ по возведению насыпи и выемки производят планировку, а затем укрепление поверхности земляного полотна. Планировка необходима для того, чтобы выровнять верхнюю часть земляного полотна и откосы в соответствии с проектными отметками, обеспечить требуемую ровность и создать необходимые условия для стока воды.

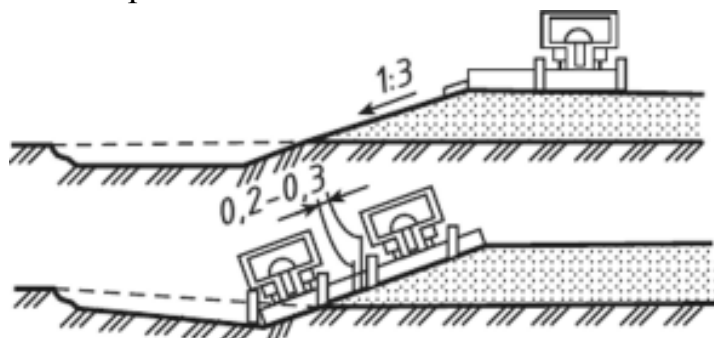
Планировку откосов насыпей производят после планировки поверхности земляного полотна, а в выемках, наоборот, вначале планируют откосы, а потом дно выемки.

После планировки целесообразно сразу укрепить откосы для защиты их от размыва водой. Планировку поверхности насыпи и дна выемки выполняют автогрейдером. Верх земляного полотна на прямолинейных участках с продольными уклонами до 30% и на участках с горизонтальными кривыми производят по лазерному копиру, а на участках с вертикальными кривыми планировку ведут по жёсткому копиру. В начале производят грубую планировку короткими проходами – срезают грунт в отдельных местах наиболее отличающихся по своим отметкам от проектных. После этого производят общую планировку сквозными проходами по всей длине захватки.

Планировку откосов насыпей и выемок выполняют различными машинами: бульдозерами и автогрейдерами с откосниками, экскаваторными -

планировщиками (гидравлические одноковшовые экскаваторы с телескопической стрелой), экскаваторами – драглайнами с обычным ковшом или специальным двухотвальным планировщиком.

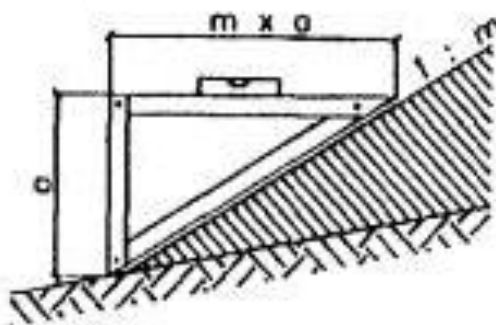
Пологие откосы насыпей с заложением 1:3 и более планируют автогрейдером при непосредственном движении по ним.



Крутые откосы с заложением менее 1:3 планируют автогрейдером или бульдозером, оборудованным удлинителем ножа с выносом его в сторону. Откосы высоких насыпей и глубокие выемки планируют с помощью экскаваторов. При насыпях 5-7 м целесообразно применять экскаватор-планировщик с телескопической стрелой, а при насыпях большей высоты (до 14 м) – драглайн. Планировка экскаватором – планировщиком может производиться как с верхней так и с нижней стоянки, планировка экскаватором – драглайном – только с верхней стоянки.

При более глубоких выемках или насыпях планировку откосов производят по ярусам, разделенными полками шириной не менее 5 м, по которым и перемещается экскаватор.

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



УКРЕПЛЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Откосы земляного полотна под влиянием ветра, воды, перепада температур, вследствие изменения физических свойств грунтов могут разрушаться. Конструкции укрепления откосов земляного полотна различны. Их выбирают с учётом размеров и уклона откосов, погодно-климатических и гидрологических условий района, свойств грунтов земляного полотна. Простейшим укреплением является создание на поверхности откосов растительного травяного покрова. В отдельных случаях откосы укрепляют посадкой деревьев и кустарника. Применяют укрепления из слоёв грунта, обработанного вяжущим, из отдельных железобетонных плит, сплошных цемента- или асфальтобетонных покрытий. Наиболее распространёнными и экономичным типом укрепления является создание дернового покрова путём посева трав. Этот вид укрепления часто сочетается с устройством решётчатого укрепления из сборных железобетонных элементов. Такую конструкцию применяют для укрепления откосов глубоких выемок и высоких насыпей. Создание сплошных защитных слоёв из сборного или монолитного железобетона применяют обычно на пойменных участках, на подходах к мостам.

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, плёнкообразующего компонента и воды. Мульчирующий материал (измельчённая солома, опилки) и плёнкообразующий (битумная эмульсия или латекс) создают на откосе благоприятные условия для роста и развития трав и предохраняют откос от водной или ветровой эрозии. Состав смеси семян трав подбирают из различных сортов с учётом климатических условий района. Посев трав возможен с ранней весны до поздней осени.

Для гидропосева применяют специальные машины типа ДЭ-16, состоящие из цистерны с лопастной мешалкой, насоса, шлангов и гидромонитора для разбрызгивания смеси по откосу. Как правило, распределение смеси производят за несколько проходов по одной захватке. Производительность гидросеялки около 4000 м²/смену.

Распределение растительного грунта на откосах земляного полотна высотой до 3,5 м можно выполнять автогрейдером или бульдозером, оборудованными откосниками. При большей высоте насыпи растительный

грунт распределяют экскаватором-драглайном. 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 решётчатой конструкции производят в следующей технологической последовательности:

- подготовка откосов – планировка и уплотнение;
- устройство бетонного упора у подошвы откоса;
- монтаж железобетонных элементов решётчатой конструкции;
- заполнение клеток растительным грунтом с посевом трав (клетки могут быть также заполнены щебнем или гравием).

Монтаж решетчатой конструкции ведут снизу вверх. Перед началом монтажа производят разбивку.

Неподтопляемые откосы могут укрепляться гравием или щебнем слоем 10-15 см. После разравнивания этого материала на откосе, его уплотняют площадочным вибратором. Для укрепления песчаных грунтов применяют органические вяжущие материалы – битум, дёготь, нефтяные остатки и отходы промышленности. Отходы обрабатывают путём розлива вяжущего или распределения по откосу предварительно приготовленной смеси из обработанного грунта.

Укрепление откосов каменной наброской производят для защиты их от подмыва и размыва текущей водой и разрушающего действия волн. Благодаря простоте осуществления, надежности и большому сроком службы защита откосов каменной наброской является распространенным типом укрепления. Для этого применяют различный камень по минералогическому составу и размерам, обладающий морозостойкостью не ниже $M_{рз} 100-150$. Толщину наброски принимают равной двум-трём размерам наибольших камней. Каменную наброску укладывают по слою подготовки по принципу обратного фильтра. При применении для наброски пересортированного камня, подготовку не устраивают, если состав камня обеспечивает создание естественного фильтра.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

Грунт, из которого возводят земляное полотно, можно представить как трёхфазную систему: поры в грунтовом скелете заполнены водой и воздухом. Пористость и влажность грунта решающим образом влияет на его состояние. С увеличением плотности пористость грунта уменьшается, а прочность

возрастает. Кроме того, уменьшаются деформируемость, водопроницаемость, набухание и морозное пучение, что повышает прочность и устойчивость земляного полотна. Процесс уплотнения с точки зрения физики можно разделить на два этапа. На первом этапе жидкая фаза играет роль смазки, облегчая перемещение грунтовых частиц; на втором – водные плёнки, окружающие пылеватые и особенно глинистые частицы, обеспечивают грунту надлежащие связность и прочность. При небольшой влажности грунта и тонких водных плёнках смазывающее действие вода не проявляется и, следовательно, затрудняется уплотнение. Плотность грунта меньше при одной и той же затрате уплотняющей энергии. Увеличение влажности сопровождается уменьшением силы трения между грунтовыми частицами, улучшается их уплотняемость. Вместе с тем, когда влажность грунта возрастает до границы текучести, толщина водных плёнок достигает максимума, затем появляется свободная вода и грунт переходит в текучее состояние. Уплотнение возможно только за счёт выжимания свободной воды, что требует больших усилий. Из этого следует, что существует определённое значение влажности, при котором достигается максимальное уплотнение грунта при данной нагрузке. Оптимальная влажность данного грунта определяется в лаборатории. Ориентировочные значения оптимальной влажности для различных грунтов:

Наименование грунта	Оптимальная влажность, %
Песчаный	6-12
Супесчаный	9-15
Суглинистый	12-21
Глистый	19-23

В процессе возведения земляного полотна надо обеспечить такое уплотнение грунта, чтобы в дальнейшем не происходило осадок земляного полотна, вызывающих ухудшение ровности проезжей части и разрушение дорожной одежды. Требуемую плотность определяют по формуле:

$$P_{тр} = k \cdot P_{опт},$$

где:

$P_{тр}$ – требуемая плотность грунта в насыпи, г/см³;

$P_{опт}$ – оптимальная плотность, определяемая в приборе стандартного уплотнения при оптимальной влажности;

k – коэффициент уплотнения грунтов в насыпи.

Наибольшая величина коэффициента оптимального уплотнения $k=1$ означает, что плотность грунта в насыпи равна плотности, достигнутой в

лаборатории. Достижение такого уплотнения связано со значительной затратой средств, оно не всегда необходимо, и поэтому величина k обычно меньше единицы. Высокие насыпи в нижней части постепенно доуплотняются под влиянием веса вышележащих слоёв. Самое важное – достигнуть наибольшего уплотнения верхней части земляного полотна, на которой непосредственно лежит дорожная одежда. По техническим условиям плотность грунтов в верхней части земляного полотна должна быть не ниже: для дорог с цементобетонным покрытием – 0,98; для усовершенствованных покрытий других типов – 0,85 – 0,98; для покрытий переходного типа – 0,9.

ТЕХНОЛОГИЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

Для уплотнения связных грунтов целесообразно применять катки на пневматических шинах, кулачковые и решётчатые прицепные катки, для уплотнения несвязных грунтов – вибрационные и виброударные машины, катки на пневматических шинах. Уплотнять рыхлые, особенно глинистые грунты следует катками двух видов: предварительное уплотнение (прикатка) – катком массой 6...12 т, окончательное – катком 25 т и более.

При отсыпке насыпи толщину каждого слоя назначают в соответствии с возможностью уплотнить этот слой уплотняющими машинами. Если влажность грунта меньше оптимальной необходимо грунт полить водой и, наоборот, если влажность больше, грунт нужно просушить. Основное внимание уделяют на однородность уплотнения по всей ширине насыпи и равномерность уплотнения каждого отсыпанного слоя. Производительность укатки зависит от числа проходов катка по одному следу и скорости его движения. Уплотнение земляного полотна ведут последовательными проходами катков от краёв к середине с перекрытием укатываемых полос на 0,25 м. Вибрирование применяют для уплотнения крупнообломочных, песчаных, несвязных и малосвязных глинистых грунтов. Одномерные пески эффективно уплотняются только вибрированием. Прицепными и самоходными виброкатками массой 4...5 т рекомендуется уплотнять грунт слоями толщиной 40...50 см. Катками с большей массой можно уплотнять песчаные грунты на глубину 80 см и более.

Вибрационные плиты массой 100...1000 кг используют для уплотнения грунтов в стеснённых условиях (засыпка труб, траншей) слоями толщиной 20...60 см. Прицепные виброкатки работают по круговой схеме движения, самоходные – челночным способом.

Для уплотнения откосов земляного полотна применяют катки и трамбовки, смонтированные в качестве навесного оборудования к кранам – экскаваторам с телескопической трубой. Наиболее простым оборудованием

является плоская трамбовка диаметром 1,0...1,5 м массой 2,0...3,0 т, подвешенная на подъёмном и тяговом тросов к стреле экскаватора -драглайн. Для того, чтобы получить равномерное уплотнение, высота падения трамбовки должна оставаться все время одинаковой. Уплотнение начинают с нижней части откоса, постепенно перемещаясь вверх, после чего переходят на следующую полосу. При этом должно быть обеспечено перекрытие на 0,1...0,2 м как соседних полос, так и отдельных слоёв уплотнения.

При отсыпке насыпи из привозного грунта необходимо организовать движение автомобилей по насыпи так, чтобы они своими проходами равномерно уплотняли грунт по всей ширине. Если в этом случае грунт отсыпается слоями толщиной не более 0,15...0,25 м, а влажность его близка к оптимальной, то можно достигнуть достаточной плотности грунтов.

Для обеспечения хорошего качества уплотнения необходимо организовать повседневный контроль.

СООРУЖЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА БОЛОТАХ. ТИПЫ БОЛОТ.

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Болотом называется участок суши, характеризующийся избытком влаги на поверхности или в верхних слоях грунтовой толщи и наличием в геологическом разрезе 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. По условиям образования различают болота, образовавшиеся в результате заболачивания суши и в результате зарастания водоёмов. По степени минерализации воды, идущей на увлажнение верхнего слоя грунтовой толщи, в пределах которого располагается корневая система растений, различают низинные и верховые болота. К низинным относят болота, поверхность которых увлажняют воды, богатые минеральными солями, к верховым – бедные минеральными солями. Степень минерализации зависит от источника водного питания (грунтовые, атмосферные участки). Болота низинные питаются грунтовыми водами. Они содержат хорошо разложившиеся плотные древесные, травяные и моховые торфы. Верховые болота образуются при заболачивании местности атмосферными водами. Торфы таких болот

отличаются небольшой степенью разложения, значительной сжимаемостью, большой влажностью и незначительной склонностью к растеканию.

Конструкция земляного полотна на болоте выбирается в зависимости от типа болота, категории дороги, типа дорожной одежды.

Выбор конструкции земляного полотна осуществляют на основе технико-экономического сравнения вариантов. При этом, как правило, рассматривают два принципиальных решения: удаление болотных грунтов из основания насыпи; использования слабой толщи в качестве основания с применением тех или иных конструктивно-технологических способов, обеспечивающих эту возможность.

При проектировании автомобильных дорог пользуются строительной классификацией болот, по которой в зависимости от вида торфа и несущей способности выделяются следующие типы:

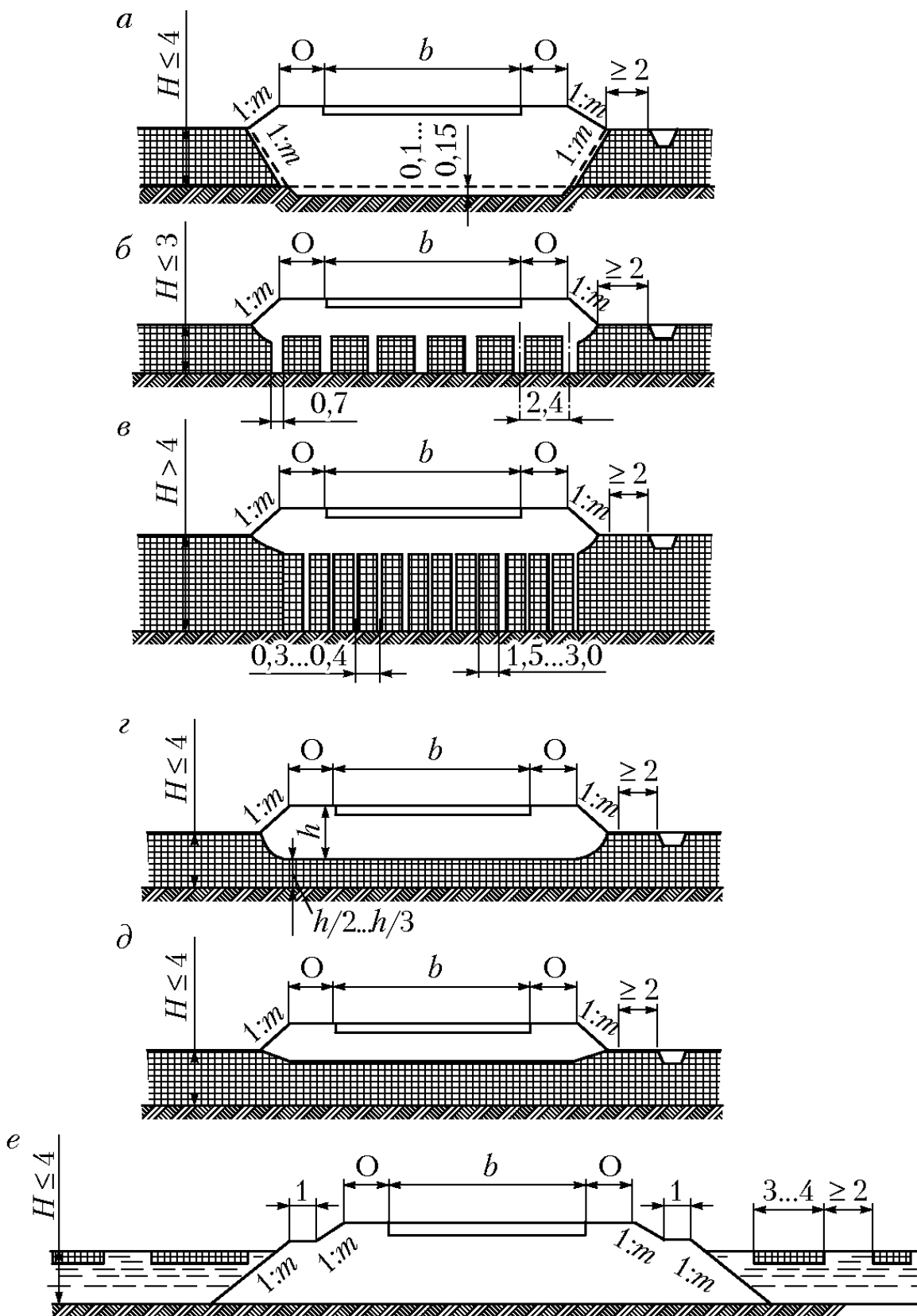
Тип болота	Характеристика разреза
1	2
Ia	Болота, заполненные торфом, перекрытым сверху слоем минерального грунта (аллювий).
Iб	Болота, сплошь заполненные торфом.
IIa	Болота, включающие слой торфа, подстилаемый слоем сапропеля, мергеля или ила и перекрытый сверху слоем минерального грунта.
IIб	Болота, включающие слой торфа, подстилаемый слоем сапропеля, мергеля, ила.
III	Болота с торфяным слоем, плавающим на поверхности воды (сплавное болото).

Удаление болотных грунтов может осуществляться механическими средствами, гидромеханизацией, взрывным способом, а также путём отжатия (выдавливания) болотных грунтов под действием массой отсыпаемой насыпи. Применяют также комбинированные способы. Удаление слабых грунтов снимает ряд проблем, однако оно сопряжено с большими объёмами земляных работ. Кроме того, удаление, например, механическими средствами возможно при глубине болота не более 5 м.

Использование слабых болотных грунтов в качестве основания насыпи резко снижает объёмы земляных работ, а, следовательно и стоимость строительства. Поэтому данный вариант должен всегда рассматриваться как основной из конкурирующих. Однако его осуществление требует выполнения дополнительных условий:

1. боковое выдавливание слабого грунта в основании насыпи в период эксплуатации должно быть исключено;
2. интенсивная часть осадки основания должна завершиться до устройства покрытия (исключение допускается при применении сборных покрытий в условиях двухстадийного строительства);
3. упругие колебания насыпей на торфяных основаниях при движении транспортных средств не должны превышать значений, допустимых для данного типа дорожной одежды.

Для обеспечения указанных дополнительных требований существует целый ряд конструктивных решений.



а – насыпь на болотах I типа с полным выторфованием; б – то же с продольными прорезями;; в – то же с вертикальными дренами; г – насыпь на болотах I и II типов с частичным выторфованием; д – то же без выторфования; е – насыпь на болотах II и III типов с погружением на минеральное дно.

ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ С ПОЛНЫМ ИЛИ ЧАСТИЧНЫМ ВЫТОРФОВЫВАНИЕМ

Выторфовывание возможно только на болотах I и II типов. До начала основных работ на болотах, а также 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 путём строительства канав. Несущая способность осушенных болот приблизительно равна 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. Применяют также тонкие песчано-гравийные слои с геотекстильной прослойкой в основании.

Выторфовывание машинами. Для удаления торфа применяют бульдозеры или экскаваторы. При неглубоких осушенных болотах (до 1 м) выторфовывание производят бульдозером путём послойной разработки торфа перпендикулярно оси дороги. Отвалы торфа располагают по краям выработки. Отсыпку насыпи на подготовленном участке производят при послойной укладке и уплотнения грунта. Для отсыпки нижней части насыпи на болотах допускают только дренирующие грунты: песчаные крупные или средней крупности, а также супеси лёгкие крупные с содержанием глинистых частиц не более 6%. Толщина дренирующего слоя должна быть на 0,5 м больше суммы глубины выторфовывания и осадки основания. Выторфовывание бульдозером экономичнее, чем экскаватором, и его применяют всегда при наличии необходимых условий. При выторфовывании экскаватором используют экскаватор-драглайн. При этом возможны два способа разработки торфа:

1. экскаватор перемещается непосредственно по поверхности болота или по переносным щитам и производит работу «на себя»;
2. экскаватор перемещается по отсыпаемой насыпи и работает «от себя».

Второй способ применяют, когда несущая способность болотных грунтов недостаточна. Торф складывают в отвалы или вывозят. Отвалы размещают от края траншеи на расстоянии, равном или большем глубины болота.

Одновременно с разработкой траншеи для отсыпки насыпи тем же экскаватором роют боковые каналы. После удаления торфа траншею необходимо быстро заполнять грунтом насыпи, т.к. откосы её быстро оплывают и траншея заполняется водой или жидкой болотной массой (особенно при болотах II типа).

Отсыпку насыпи вначале ведут способом «с головы» до уровня поверхности болота (50-60 см выше), дальнейшую досыпку до проектной высоты производят способом послойной отсыпки.

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

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, устройство торфоприёмников, каналов, выравнивание минерального дна или устройство упорных каналов при уклоне дна болота для предотвращения скольжения насыпи. При полном выторфовывании на болотах I типа заряды заглубляют на всю мощность залежи, на болотах II типа – на глубину 0,7-0,8 мощности слоя, предназначенного к выбросу, а нижний слой (сапропель) отжимается массой грунта при отсыпке насыпи. Обычно ведут разработку поперечными траншеями под углом 45° к оси дороги. Удлиненные заряды размещают в наклонных скважинах через 2-2,5 м. После взрыва образуется траншея шириной 2-3 м, которую немедленно заполняют грунтом сооружаемой насыпи. Грунт доставляют автомобилями и сдвигают в траншею бульдозером. На глубоких болотах (более 4 м) выторфовывание ведут методом взрывания зарядов под насыпью. Заряды закладывают в скважинах, пробуренных через насыпь и в стороне от неё рядами через 3-4 м. Сначала взрывают внешние заряды, которые образуют торфоприёмные траншеи, затем с замедлением в доли секунды (20-30 мс) заряды под насыпью.

Во многих случаях для погружения насыпи на минеральное дно достаточно разрушить структуру торфа взрывами рыхления (мелкими зарядами).

Расчёт взрывных работ ведут по эмпирическим формулам, в основе которых использована зависимость количества взрывчатого вещества от объёма разрабатываемой породы:

$$Q = \alpha \cdot q \cdot w q^3,$$

где:

α – показатель выброса;

q – удельный расход взрывчатого вещества, кг/м²;

w - расчётная линия сопротивления, равная глубине взрываемого слоя торфа, м.

Расстояние между зарядами (в ряду) принимают равными $0,9w$; $1,1w$; $1,2w$ в зависимости от плотности торфа (чем плотнее торф, тем расстояние между зарядами меньше). Расстояние между рядами зарядов принимают равным $0,85w$.

ВЫТОРФОВЫВАНИЕ СПОСОБОМ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

Этот способ эффективен при сооружении земляного полотна при определённых условиях:

- при достаточно больших объёмах работ, сосредоточенных на небольшом участке дороги;

- наличия достаточного объёма воды и дешёвой электроэнергии.

При возведении земляного полотна на участках болот такие благоприятные условия встречаются редко, однако если они имеются, применение гидромеханизации весьма эффективно. Сущность работ состоит в размыве торфа мощной струёй 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 её с головы или комбинированным способом. На болотах II и III типов производят только размыв верхнего слоя торфа гидромониторами. Разжиженный торф не удаляют, а отжимают грунтом насыпи в боковые прорезы, сделанные также гидромонитором.

Подачу грунта для насыпи можно осуществлять также способом гидромеханизации. На болотах II и III типов применяют метод инъекции песчаного грунта, при котором гидросмесь подают по трубе непосредственно в разжиженную торфяную массу, и песок вытесняет торф. Пульпопровод в этом случае заканчивается несколькими звеньями труб, сочленённых шарнирными стыками. Протаскивание, подъём и опускание этих труб производят краном болотной модификации.

Работы проводят в такой технологической последовательности:

- установка насосной станции и прокладка трубопровода;
- размыв торфа в траншее гидромонитором;

- отсыпка грунта в траншею с погружением на минеральное дно;
- возведение верхней части насыпи.

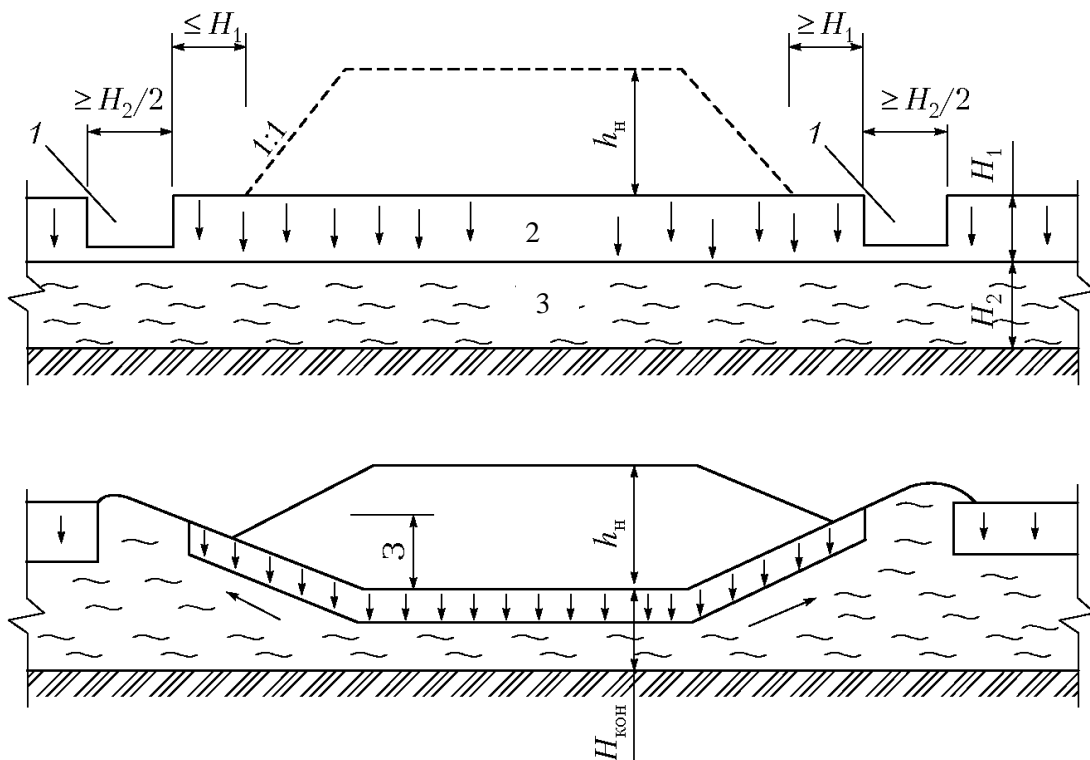
Отсыпку грунта насыпи производят с помощью машин или также способом гидромеханизации. Грунт для насыпи получают путём размыва гидромонитором в карьере или добычей со дна водоёма землесосной установкой. Намыв осуществляют безэстакадным способом путём укладки трубопровода непосредственно на поверхность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

УДАЛЕНИЕ БОЛОТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПУТЁМ ИХ ОТЖАТИЯ МАССОЙ НАСЫПИ

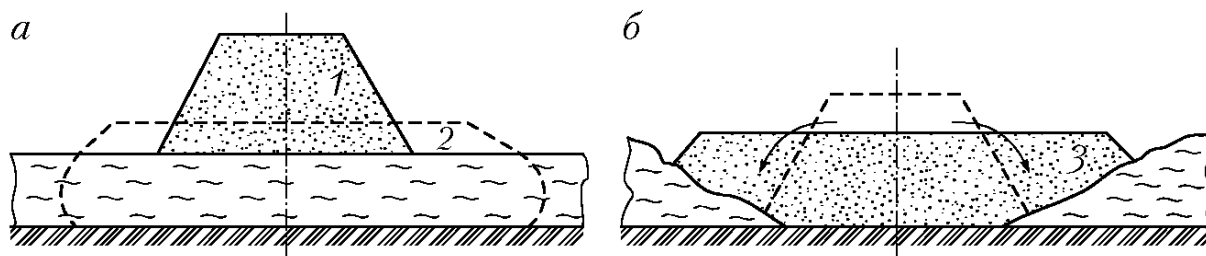
Этим способом возводят насыпи главным образом на болотах III строительного типа. Массой насыпи в процессе её сооружения вытеснят болотный грунт, и она опускается на дно. Необходимы только некоторые меры, обеспечивающие беспрепятственное и равномерное опускание насыпи на всей площади основания. Этот метод погружения насыпи можно применять и на болотах других типов (IIб, IIIа и даже Iб), но для возможности выжимания болотной массы в стороны необходимо сильно разрыхлять торф, увеличивать нагрузку на него по способу перегрузки и применять некоторые другие технологические мероприятия. Верхний слой на болотах II и III типов обычно имеет значительную прочность и препятствует погружению насыпи на дно болота. Поэтому перед отсыпкой насыпи этот слой разрыхляют взрывами или механическим путём. При очень прочном слое сплавины, не поддающемся рыхлению, её прорезают за пределами подошвы насыпи, допуская выжимания только нижних слоёв, а верхняя торфяная кора опускается вместе с насыпью на дно и остаётся так навсегда. Прорезы сплавины одновременно выполняют и функции торфоприёмников, облегчая выдавливание нижних слоёв болота. Прорезы-торфоприёмники устраивают на расстоянии 3-4 м от подошвы насыпи с помощью взрывов или экскаватором.

Погружение насыпи происходит по мере её наращивания. Процесс опускания может замедлиться или прекратиться совсем, тогда необходима очистка торфоприёмников от заполнившей их выжатой болотной массы.

Возобновить или ускорить опускание насыпи на дно можно путём увеличения нагрузки на основание по способу перегрузки. Этот способ состоит в том, что насыпь возводят первоначально более узкой и отсыпают её до высоты, обеспечивающей превышение допустимой нагрузки на основание, в результате чего слабый грунт отдавливается в стороны. После посадки насыпи на дно болота лишний грунт снимают и используют для уширения насыпи или возведения земляного полотна на соседних участках.



На рисунке: 1 – торфоприемник; 2 - торфянойной слой; 3 – сапропель (жидкий слой болотной массы).



На рисунке: а – первоначальный поперечный профиль насыпи; б – поперечный профиль насыпи после осадки и доработки её до проектной отметки; 1 – временное сечение отсыпаемой насыпи; 2 – проектное сечение земляного полотна; 3 – реальное сечение земляного полотна после завершения работ

ВОЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ БЕЗ ВЫТОРФОВЫВАНИЯ

При возведении насыпи без выторфовывания в зависимости от строительного типа болот принимают специальные меры, направленные на повышение устойчивости насыпи и ускорение её осадки.

Метод предварительной консолидации. Этот метод представляет собой технологический приём, при котором исключается выдавливание слабых грунтов из-под насыпи при возведении её на болоте II строительного типа.

Способ предусматривает отсыпку насыпи в определённом режиме. Режим назначается по расчёту исходя из того, чтобы фактическая нагрузка на основание насыпи в любой момент её возведения не превышала бы безопасной нагрузки, т. е. максимальной нагрузки, при которой невозможно ещё выдавливание слабого грунта из-под насыпи. Нагрузка определяется с учётом 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 путём испытаний на сдвиг крыльчаткой) и следить за тем, чтобы интенсивность отсыпки насыпи не превышала допустимой.

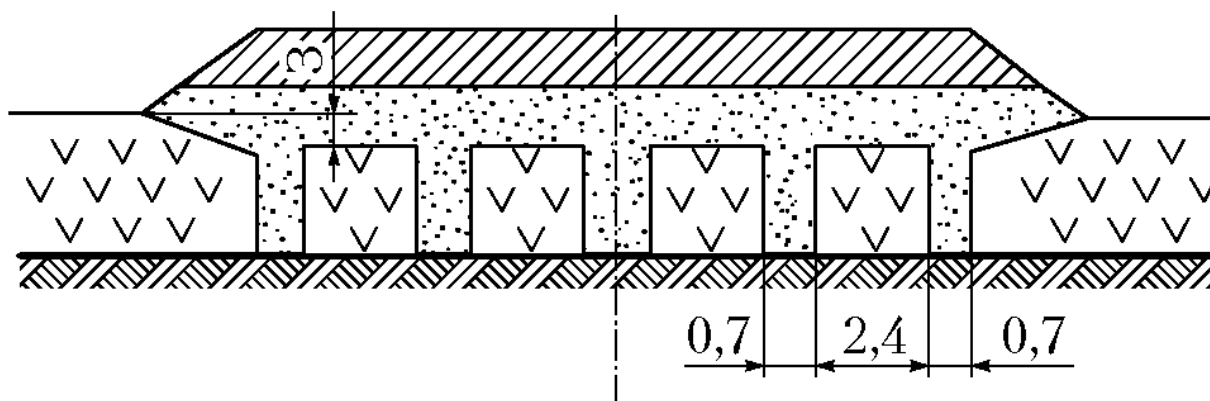
Метод временной загрузки. Такой технологический приём обеспечивает ускорение осадки основания насыпи. Он заключается в том, что насыпь возводится на проектную ширину, но временно большей высоты на толщину слоя временной пригрузки. Последняя определяется расчётом. При применении этого метода необходимо следить за тем, чтобы нагрузка от возводимой насыпи с учётом пригрузки не превышала безопасной по условию выдавливания слабого грунта. При необходимости для соблюдения указанного условия способ временной пригрузки комбинируют со способом предварительной консолидации. При применении этого метода, а также, как и всех способов, связанных с использованием слабой толщи в качестве основания, необходимо контролировать отсыпку насыпи не только по высотным отметкам, но обязательно и по толщине насыпного слоя.

ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА С ДРЕНАЖНЫМИ ПРОРЕЗЯМИ И ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ДРЕНАМИ В ОСНОВАНИИ

Эти решения применяют при необходимости ускорить осадку основания на болотах I и II строительных типов. 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:

- разработку прорезей экскаваторами;
- доставку дренирующего грунта (песка) автомобилями;
- засыпка прорезей песком бульдозером;
- послойную отсыпку насыпи до необходимой высоты.

Заполнение траншей ведут одновременно с возведением первого слоя насыпи.



Строительство земляного полотна с вертикальными дренами включает следующие технологические процессы:

- отсыпку песчаной подушки;
- сооружение вертикальных дрен;
- возведение насыпи до высоты, обеспечивающей необходимую пригрузку;
- снятие пригрузочного слоя и выравнивание земляного полотна.

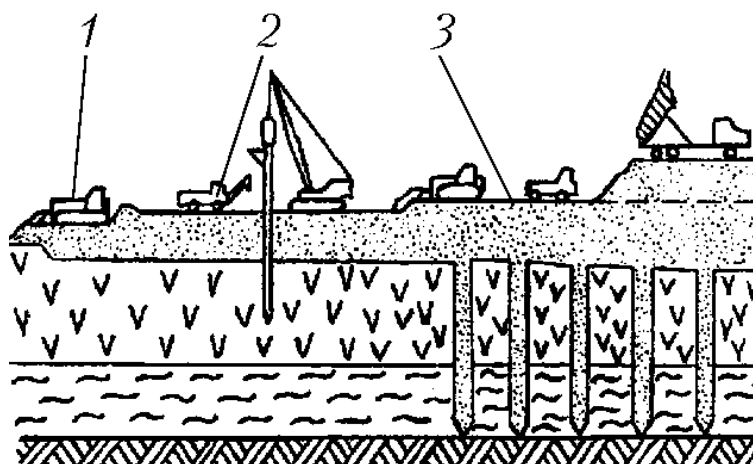
Вертикальные дрена делают различным способом:

- гидробурением скважины с последующей засыпкой её песком;
- забивкой или вибропогружением специальной обсадочной трубы, которую заполняют песком, а затем извлекают, оставляя столб из песка в болотной массе;
- забивкой специального рабочего органа (пуансона), а затем засыпкой образовавшейся скважины песком.

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

При сооружении вертикальных дрен путём продавливания торфа происходит его уплотнение вокруг скважины, что ухудшает фильтрацию воды. Применение гидробурения устраняет этот недостаток, кроме того, этот способ считают более экономичным. Оборудование для гидробурения монтируют на кране или экскаваторе со стрелой драглайна, а также на тракторе со специальным устройством.

Песчаный материал, используемый для заполнения дрен и прорезей, должен обладать высокой водопроницаемостью: коэффициент фильтрации заполнения прорезей должен быть не менее 3, а вертикальных дрен – 6 м/сут.



1- надвигка бульдозером рабочего слоя; 2 –устройство дрен с загрузкой песком; 3 – наращивание земляного полотна до проектной отметки и устройство временной пригрузки

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НАСЫПЕЙ НА БОЛОТАХ

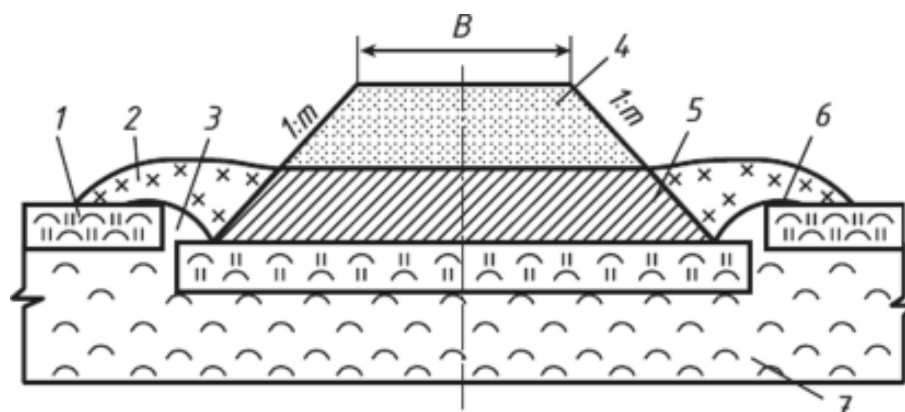
В некоторых заболоченных районах возникают трудности с получением супесчаного или песчаного грунта для отсыпки насыпи на болотах. В связи с этим изыскивались способы использования для насыпей местного материала – торфа. Одним из таких способов является метод возведения земляного полотна на замороженном слое торфа с устройством боковых прорезей для ускорения осадки насыпи. Нижнюю часть насыпи отсыпают из торфа, а верхнюю – из супесчаного грунта. 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.

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 слоёв из снега или другого материала. Подготовка торфяного

карьера состоит в том, что подготавливают пути для движения экскаватора по болоту. С целью ускорения промерзания грунта на этих путях с наступлением устойчивых отрицательных температур удаляют снеговой покров.



На рисунке: 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.

Подготовка дорожной полосы состоит в обеспечении быстреего промораживания торфяной залежи (основания), очистка дорожной полосы от снега, мохового покрова, кустарника и систематической расчистке от выпадающего снега. Эту работу выполняют бульдозерами. Начинать работу можно лишь тогда, когда толщина промерзания торфяной залежи достигает достаточной величины и будет обеспечена её несущая способность. Минимальная толщина промёрзшего 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 путём 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.

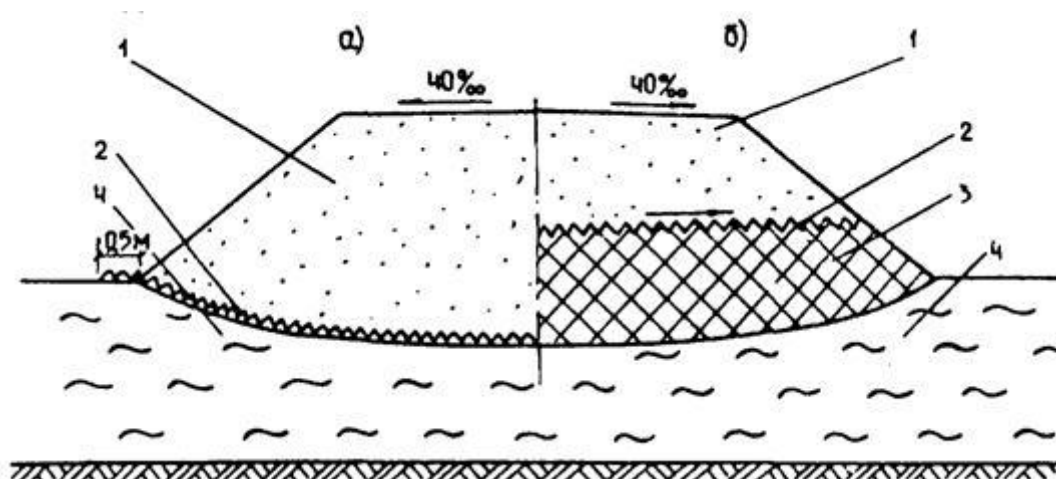
После того, как толщина промороженного основания достигает 0,5 м, приступают к отсыпке торфяной плиты – нижней части насыпи. Плиту отсыпают слоями по 0,4 – 0,5 м из торфа, доставляемого из карьера. Разравнивание слоёв торфа производят бульдозерами. Первоначальное уплотнение происходит в результате проходов бульдозера. После отсыпки торфяной плиты на всю толщину производят её доуплотнение пневмоколёсными катками массой 20 – 25 т за 3 – 4 прохода по одному следу. Образовавшаяся торфяная плита должна возвышаться над поверхностью болота (с учётом 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. Сразу после нарезки прорези перекрывают геотекстильным материалом. 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.

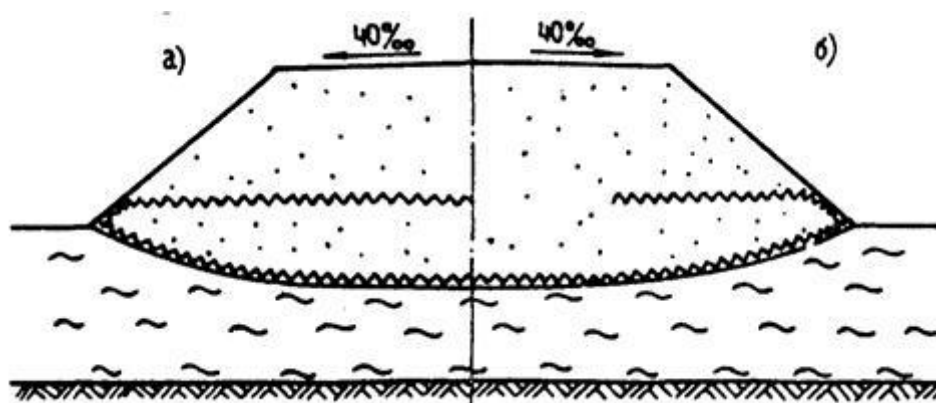
После отсыпки торфяной плиты возводят верхнюю часть насыпи.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ, СВЯЗАННЫЕ СО СТРОИТЕЛЬСТВОМ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА ЗАБОЛОЧЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

При строительстве земляного полотна на заболоченных территориях возникает ряд проблем, решение которых необходимо для повышения надёжности земляного полотна или для обеспечения реализации намеченной технологии строительства. К числу таких проблем относятся обеспечение проходимости машин по малопроезжим территориям, использование обычно широко распространённых здесь переувлажнённых глинистых грунтов в насыпи, усиление конструкций насыпей, сооружаемых на торфяном основании или с использованием торфа в нижней части и др. Для решения этих проблем широко применяют конструктивные прослойки из геотекстиля. Одной из разновидностей геотекстиля является нетканый синтетический материал. В мире в настоящее время выпускается несколько десятков разновидностей геотекстиля. Геотекстиль находит широкое применение как при строительстве временных дорог и подъездных путей, так и в конструкциях постоянных дорог. Нетканые синтетические материалы (НСМ) – это текстильные водопроницаемые рулонные полотна различного вида, выработанные из синтетических волокон. Применяют их в качестве дренирующего, фильтрующего или армирующего элемента в конструкции дорожного полотна, в основном в виде прослоек, укладываемых в земляное полотно на контакте слоёв различных видов грунтов. В конструкциях временных дорог, сооружаемых для обеспечения проезда построечного транспорта по заболоченной территории, прослойку из НСМ укладывают в основание тонкослойной насыпи. В этом случае при толщине насыпи 0,4 – 0,8 м может быть обеспечен проезд тяжёлых машин, тогда как без такой прослойки требуемая толщина насыпи на болоте обычно превышает 1 м. Разработан метод расчёта требуемой толщины насыпного слоя с учётом свойств НСМ. В конструкциях постоянных дорог прослойки из НСМ укладываются в основании насыпи, на границе между нижней и верхней частями или по всему сечению насыпи в виде обоймы: замкнутой и разомкнутой.



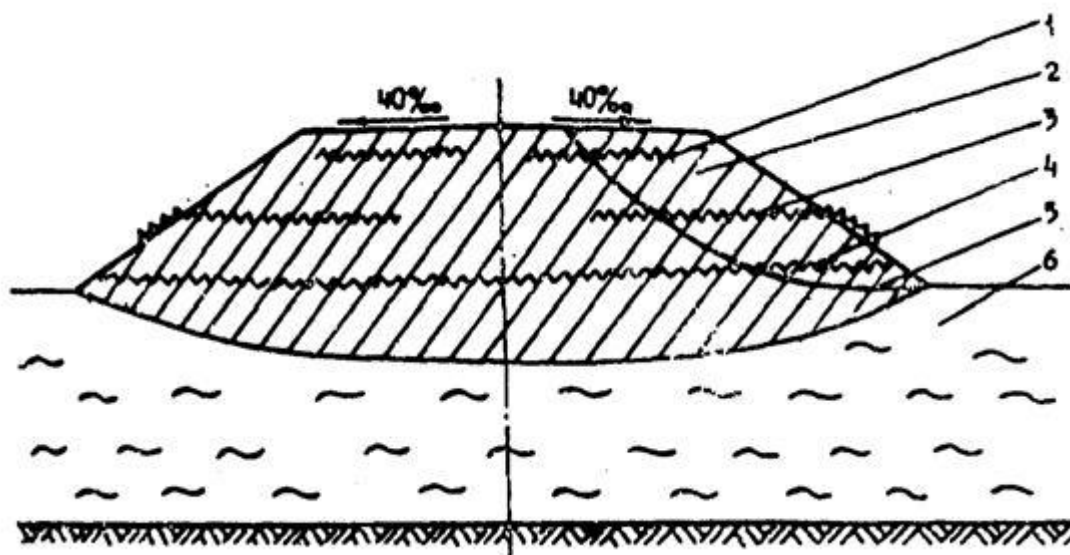
На рисунке: 1 – песчаная насыпь; 2 – прослойка из НСМ; 3 – местный насыпной грунт; 4 – слабый грунт.



На рисунке: конструкция насыпи с замкнутой (а) и разомкнутой (б) обоями из НСМ.

Прослойки в основании насыпи и между двумя её частями выполняют роль арматуры, фильтра и дрены, обеспечивают сохранение фильтрационной способности дренирующих грунтов, снижают неравномерность осадки насыпей на болотах и в целом ускоряют консолидацию основания насыпи.

При возведении насыпей на слабом основании с крутыми откосами, когда возможно нарушение устойчивости откоса, армируют откосные части и тело насыпей. Наружные края НСМ могут быть выпущены на откос, обеспечивая дополнительную защиту его от размыва.



На рисунке: 1 – прослойка в зоне сдвига; 2 – насыпь; 3 – прослойка в теле насыпи с выпуском на откос; 4 – сплошная прослойка; 5 – слабый грунт.

Прослойки из НСМ укладывают на тщательно подготовленные поверхности (выровненные и спланированные с необходимым уклоном). Толщина прослойки, используемой в качестве дрены, должна быть не менее 2 мм в уплотнённом состоянии под действием нагрузки от вышележащих слоёв грунта. Это условие обеспечивает НСМ толщиной в ненагруженном состоянии не менее 3,5 – 4,0 мм. Необходимую толщину НСМ под расчётной нагрузкой устанавливают путём лабораторных испытаний на сжимаемость. Полотна НСМ сшивают между собой или укладывают внахлёстку с перекрытием на величину $B = 15 + 2S$, где S – расчётная осадка, см.

ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ ПРОСЛОЕК ИЗ НЕТКАНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Технологический процесс укладки прослоек из НСМ включает следующие операции:

- подготовка основания;
- раскатка рулонов НСМ и закрепление полотен на поверхности основания;
- стыковка полотен;
- приёмочный контроль и засыпка прослойки грунтом.

Рулоны НСМ целесообразно раскатывать в продольном направлении. Укладку производят вручную по выставленным вешкам, которые соответствуют краям раскатанных полотен. Длину захватки назначают из условия обеспечения полной присыпки грунтом полотна на всей захватке к

концу рабочей смены. Обычно эта длина составляет 50 – 60 м. Раскатанные полотна закрепляют на месте, чтобы их не сдувало ветром. С этой целью края полотен присыпают грунтом или прищипливают к основанию скобами из проволоки длиной 150 мм.

Рулоны раскатывают в поперечном направлении, когда необходимо обеспечить прочность в поперечном направлении. При укладке прослоек в виде обоймы рулоны раскатывают, оставляя с боков запас материала для заведения полотен на верх слоя и смыкания их.

Если снижение водонепроницаемости материала в местах соединений не имеет существенного значения, то полотна соединяют склеиванием или сваркой. В случае сшивания полотен используют портативные электрические швейные машины. Сшивают капроновыми нитками, делая нахлест в этом случае 5 – 7 см. Производительность сшивания до 250 м/ч звеном 5 человек.

Склеивание полотен производят полимерными клеями или разогретым вязким битумом. При склейке производительность до 100 м/ч звеном 3 человека.

При соединении полотен сваркой используют паяльную лампу или ацетиленовую горелку. Нахлест при сварке 15 см, производительность 50 м/ч при работе звена из 3 человек.

Уложенную готовую прослойку из НСМ в течение рабочей смены необходимо засыпать грунтом. Засыпку ведут слоями. Минимальная толщина слоя грунта поверх прослойки 20 см. Засыпку прослоек ведут по методу «от себя». Проезд машин непосредственно по прослойке не разрешается. После распределения грунта поверх прослойки производят его уплотнение. Особенно тщательно необходимо производить уплотнение грунта, помещаемого в обойму из НСМ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕУВЛАЖНЁННЫХ ГРУНТОВ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В практике дорожного строительства часто приходится иметь дело с грунтами, влажность которых слишком большая. Основным недостатком переувлажнённых грунтов является трудность или полная невозможность уплотнения глинистых разновидностей. Грунты песчаные и другие виды дренирующих грунтов хорошо уплотняются как при нормальной, так и при повышенной влажности. При использовании глинистых переувлажнённых грунтов ухудшаются условия для движения колёсных машин по временным грунтовым дорогам. Из теории и практики строительства известно, что лучшими строительными и эксплуатационными свойствами обладают грунты,

имеющие так называемую оптимальную влажность, т.е. влажность, соответствующую максимальной плотности, полученной при уплотнении грунта по стандартному методу. Степень переувлажнения оценивают относительно этой оптимальной влажности коэффициентом переувлажнения:

$$K_w = W/W_0,$$

где: W , W_0 - фактическая и оптимальная влажности грунта.

Установлены следующие допустимые пределы переувлажнения грунтов:

■ несвязные грунты (песок, супесь лёгкая, супесь лёгкая пылеватая),

$K_w = 1,25$;

■ связные грунты – глинистые (супесь пылеватая, супесь тяжёлая, суглинок лёгкий), $K_w \leq 1,15$;

■ суглинок тяжёлый, глина, $K_w \leq 1,1$.

При переувлажнённых грунтах применяют специальные методы, позволяющие использовать эти грунты для возведения земляного полотна:

- просушивание переувлажнённых грунтов;
- поглощение лишней воды добавками сухого грунта;
- химическое связывание лишней воды;
- консолидация грунта под нагрузкой.

УДАЛЕНИЕ ЛИШНЕЙ ВЛАГИ ИЗ ГРУНТА ЕГО ПРОСУШИВАНИЕМ И ПУТЁМ ДОБАВКИ В ПЕРЕУВЛАЖНЁННЫХ ГРУНТ СУХОГО ГРУНТА

Просушивание переувлажнённого грунта. Просушивание может быть осуществлено путём естественного испарения или термической обработки грунта. Термическое высушивание и обжиг грунтов горячим воздухом и газами требует значительного расхода топлива и применяются на особо важных работах и в ограниченном объёме.

Просушивание в естественных условиях – наиболее простой и экономичный способ, однако он возможен при благоприятных условиях, т. е. соответствующего погоде. Время просушивания зависит от состояния грунта (плотности), степени переувлажнения и погодных условий. Для просушивания грунт укладывают в валы и периодически переваливают бульдозером или экскаватором для обеспечения равномерного просыхания всей массы грунта. Просушивание производят на специально подготовленных площадках около места разработки грунта (карьер, выемка, боковой резерв) или непосредственно

на месте возведения земляного полотна. При просушивании грунта на насыпи, его распределяют лентами, между которыми оставляют промежутки шириной 0,5 – 1,0 м. Заполнение их производят при подготовке захватки к уплотнению.

Осушение добавками сухого грунта. Для осушения грунтов может быть применён метод поглощения лишней воды неактивными добавками (сухой несвязный грунт, топливные шлаки, отходы горнорудной промышленности). Влажность добавок должна быть меньше влажности переувлажнённого грунта настолько, чтобы после поглощения влажность полученной массы не превышала допустимых пределов. Осушение можно проводить двумя способами: смешением добавки с исходным грунтом и распределением добавок слоями между слоями переувлажнённого грунта. При первом способе доставку грунта на насыпь ведут одновременно из двух источников (влажного и сухого) с соблюдением установленного соотношения. Необходимое соотношение массы сухих добавок к массе переувлажнённого грунта производят по формуле:

$$n = \frac{K_c \cdot (W_o + W_g) \cdot (W_n + 1)}{(W_n - W_o) \cdot (W_d + 1)},$$

- K_c – коэффициент, учитывающий однородность смеси, принимаемый:
 - для песков и лёгких супесей 1,1;
 - для супесей пылеватых и тяжёлых 1,3;
 - для тяжёлых суглинков и глин 1,5;
- W_o – оптимальная влажность получаемой массы грунта, %;
- W_d – влажность сухой добавки, %;
- W_n – влажность переувлажнённого грунта, %.

Смешение доставленных материалов (сухого и влажного) производят при послойном их распределении с последующим перепахиванием рыхлителем или плугом. Второй способ заключается в распределении грунта повышенной влажности и сухого грунта чередующимися слоями. Толщину каждого слоя устанавливают с учётом необходимого соотношения n и условий уплотнения, которое выполняют через 1 – 2 суток после укладки грунтов.

ОСУШЕНИЕ ПЕРЕУВЛАЖНЁННОГО ГРУНТА АКТИВНЫМИ ДОБАВКАМИ

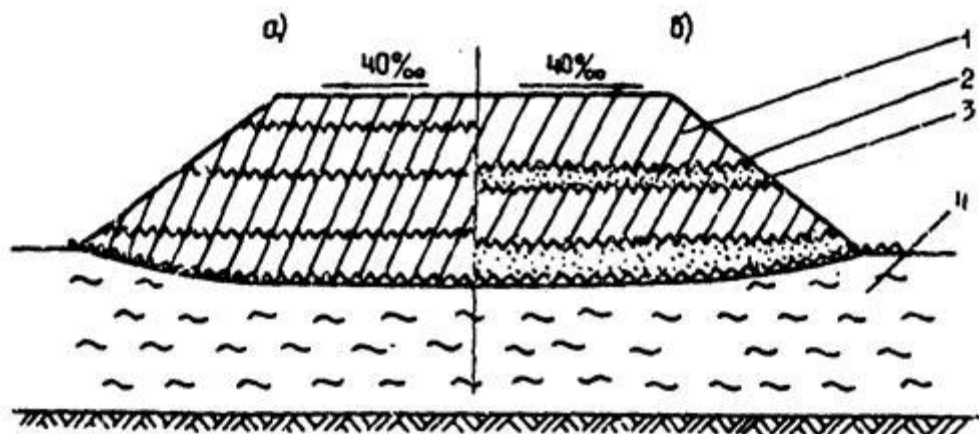
Введение активных добавок обеспечивает процессы, при которых лишняя вода поглощается в процессе химических реакций. В качестве добавок применяют известь, цемент, золу уноса, гипс, безводную кристаллическую

фосфорную кислоту и др. Особенно эффективно применять известь. Этот метод используют при осушении грунта невысоких насыпей и грунта в основании дорожной одежды в выемках и нулевых отметках. Наибольший эффект достигается при обработке пылеватых песков, супесей и лёгких суглинков. Массовая доля добавок вяжущих материалов зависит от вида грунта, степени его переувлажнения и составляет от 0,5 до 5%. Введение активных добавок в переувлажнённый грунт – достаточно сложный технологический процесс. Количество добавок очень небольшое по отношению к массе обрабатываемого грунта, поэтому очень важно их равномерно распределить. Для этого связные грунты предварительно разрыхляют за один – два прохода фрезы, введение добавок производят распределителем цемента, а перемешивание – фрезами. Толщину обрабатываемого слоя грунта назначают исходя из возможностей смесительных и уплотняющих машин. Время на обработку грунта (от введения добавок до окончания уплотнения) ограничено временем протекания химических процессов. Для грунтов, обработанных цементом или известью, оно не должно превышать 4 – 6 часов, для грунтов, обработанных золой уноса, – 14 – 18 ч. При высокой степени переувлажнения грунта и осушения известью можно применять метод сосредоточенного введения активной добавки. Для этого в толще грунта, подлежащего осушению, устраивают вертикальные скважины диаметром 10 – 20 см или щели шириной 10 – 15 см с помощью мелиоративных машин и заполняют их негашеной известью с трамбованием. Расстояние между скважинами 1 – 1,5 м.

ОСУШЕНИЕ ПЕРЕУВЛАЖНЁННОГО ГРУНТА КОНСОЛИДАЦИЕЙ ПОД НАГРУЗКОЙ

Связные грунты повышенной влажности при определённых условиях могут консолидироваться. Консолидация грунтов происходит в результате отжатия воды под нагрузкой от массы грунтов, расположенных выше переувлажнённого слоя. Грунт с повышенной влажностью доставляют на место строительства насыпи автомобилями и производят разгрузку по способу укладки «вприжим». Вышележащий слой сухого грунта отсыпают по способу «от себя», надвигая его бульдозером. Этот способ должен обеспечивать необходимую нагрузку для выжимания лишней воды из переувлажнённого грунта. Для ускорения консолидации нагрузка должна быть возможно большей, однако не более так называемой пороговой. Величина предельной (пороговой) нагрузки на грунт, с которой начинается процесс консолидации, обусловлена структурной прочностью грунта, проявляющейся в условиях компрессионного сжатия. Если нагрузка окажется большей, то происходят сдвиги, перемещение

и выпирание переувлажнённого грунта. Чем выше коэффициент переувлажнения, тем меньше эта пороговая нагрузка. Например, для суглинистого грунта, переувлажнённого до $K_w = 1,1$, нагрузка должна быть не более 0,06 мПа, а при $K_w = 1,5$ – не более 0,03 мПа. Консолидацию можно ускорить укладкой дренирующих прослоек из геотекстиля или песка между слоями переувлажнённого грунта. Такой способ можно применять без пригрузки сухим грунтом.



На рисунке: конструкции насыпей с дренирующими прослойками и НСМ (а) и из песка с фильтром из НСМ (б):

- 1 – глинистый переувлажнённый грунт; 2 – прослойка из НСМ;
3 – песчаная прослойка; 4 – слабый грунт.

ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

ОСОБЕННОСТИ ЗИМНИХ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

Зимой выполняют работы:

1. ведут разработку выемок и резервов в сухих песках, гравийно-галечных и скальных породах, а также выемок более 3 м из глинистых грунтов;
2. возводят насыпи из сосредоточенных резервов, а также устраивают насыпи из песчаных грунтов на болотах;
3. осуществляют выторфовывание и устраивают дренажные прорези.

Основными особенностями зимних земляных работ являются отрицательная температура воздуха, снег и лёд. К достоинствам зимнего сезона следует отнести существенно улучшающиеся условия проезда. Зимой значительно технологичней вести работы по выторфовыванию и отсыпке насыпи на болотах, удобно строить временные дороги.

Основными недостатками работы в зимних условиях являются: промерзание грунта, которое осложняет его разработку, а после разработки

грунт содержит мёрзлые комья; необходимость очистки оснований земляных сооружений от снега и льда; необходимость в зимней одежде для рабочих; для нормальной работы людей и техники необходимо иметь пункты обогрева. В силу этих обстоятельств работу зимой проводят с концентрацией машин на малом фронте, с высокими темпами выполнения работ. Часто работу ведут в три смены. В этом случае грунт не успевает промёрзнуть как в карьере, так и в насыпи до его уплотнения.

Выполнение земляных работ в зимний период позволяет:

1. продлить строительный сезон;
2. полнее и равномернее использовать дорожно-строительные машины в течение всего года;
3. закрепить в организации постоянные кадры квалифицированных рабочих;
4. ускорить строительство и уменьшить накладные расходы.

Перед отсыпкой насыпи основание тщательно очищают от снега и льда на протяжении сменной захватки. Если насыпи возводят на сильно пучинистых грунтах, 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:

- корчёвку деревьев и срезку кустарника;
- строительство подъездных дорог;
- устройство теплоизолирующих слоёв на поверхности карьера и выемок

или использование химических реагентов для предотвращения промерзания грунта.

Наиболее эффективным и технологичным видом теплоизоляции является розлив вспенивающегося теплоизоляционного материала – пенополиуретана. Возможно также предохранение поверхности от промерзания путём вспашки и боронования. Наиболее простой способ – это засыпка поверхности листвой, опилками, соломой, торфом и шлаком.

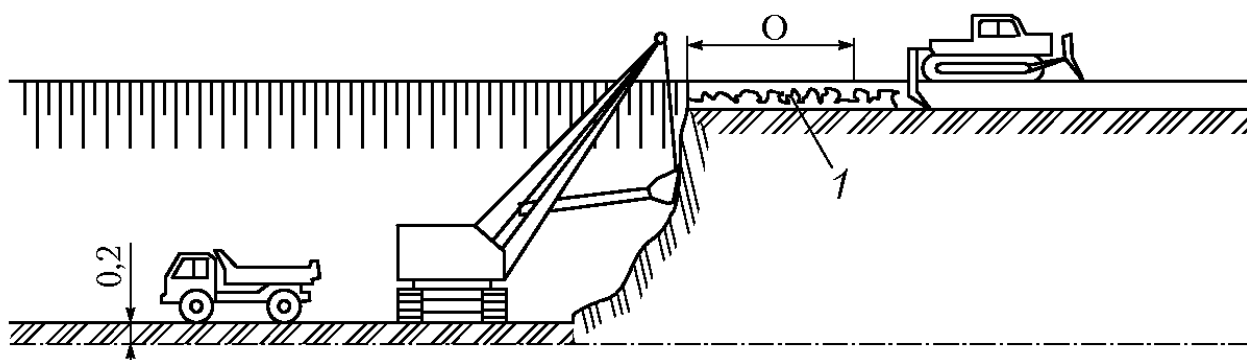
РАЗРАБОТКА ВЫЕМОК И РАЗВЕДЕНИЕ НАСЫПЕЙ ЗИМОЙ

Возведение в зимнее время насыпей возможно без ограничений из крупнообломочных грунтов, а также из не пылеватых песков. 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. Связанные грунты следует применять в талом виде. Для этого организывают трехсменную работу техники, а также осуществляют прикрытие 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 решётчатыми катками, трамбуемыми машинами или плитами не должны превышать 30 см, при уплотнении грунтов пневмоколёсными и вибрационными катками – 15 см. Комья не должны располагаться ближе 1 м от поверхности откосов.

В случае, когда в теле насыпи есть включения из мерзлых комьев, необходимо предусмотреть осадку насыпи после их оттаивания на 30% толщины слоя. Уплотнение грунтов до требуемой плотности необходимо произвести до их замерзания. Вследствие этого режим работы уплотняющих средств устанавливают по результатам опытного уплотнения на каждом объекте зимних работ. Для успешного уплотнения грунтов необходимо применять тяжёлые решётчатые и кулачковые катки, а также тяжёлые трамбовки. Этими средствами возможно эффективно дробить мёрзлые комья и одновременно уплотнять грунт в толстых слоях.

Разрабатываемую поверхность выемки или резервы очищают от снега и льда не более чем на одну смену вперёд, а в дальнейшем площадь очистки перед началом работ определяют по сменной производительности землеройной техники. Разработку грунта ведут экскаватором с вместимостью ковша не менее $0,65 \text{ м}^3$ 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 такого момента, когда его температура понизится до 2°C .



На рисунке схема разработки выемки глубиной до 5 м в зимних условиях экскаватором, оборудованным прямой лопатой, при рыхлении мёрзлого слоя дизель-молотом: 1 – мёрзлый слой

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 при возведении земляного полотна в зимний период разрабатывать мерзлые грунты. Для рыхления верхней мёрзлой корки применяют тракторные рыхлители, а при малой её толщине (0,1 – 0,2 м) – скалывающие ножи и зубья, монтируемые к отвалам бульдозеров. Без предварительного рыхления разрабатывают слой мёрзлого грунта толщиной 0,25 – 0,4 м экскаваторами с прямой лопатой вместимостью ковша 0,65 – 1 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, подвешиваемых к стрелам экскаваторов, или скалывающие клиновые рыхлители, погружаемые дизель-молотами.

Если объект расположен вне населённого пункта и объём работ достаточно большой, рыхлить и разрабатывать мёрзлые грунты можно взрывом на выброс – в отвал. В зависимости от глубины промерзания применяют шнуровые или скважинные заряды. Для забойки зарядов используют песок, шлак или измельчённый талый грунт. Разрыхлённый взрывами грунт убирают в течение смены, а при сильных морозах (ниже -20°С) во избежание повторного смерзания грунта – в течение 3 – 4 часов.

ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

ПЕРЕСТРОЙКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Реконструкция дороги предусматривает перевод её в более высокую категорию, а значит необходимо перестраивать земляное полотно под принятую категорию. При этих работах наиболее целесообразно сохранить старую дорогу для местного движения, а новую дорогу строить по новому направлению или рядом со старой. Но во многих случаях стремятся совместить новую дорогу со старой. При этом движение переводят на объездные дороги или пропускают по старой со значительным снижением скорости. На

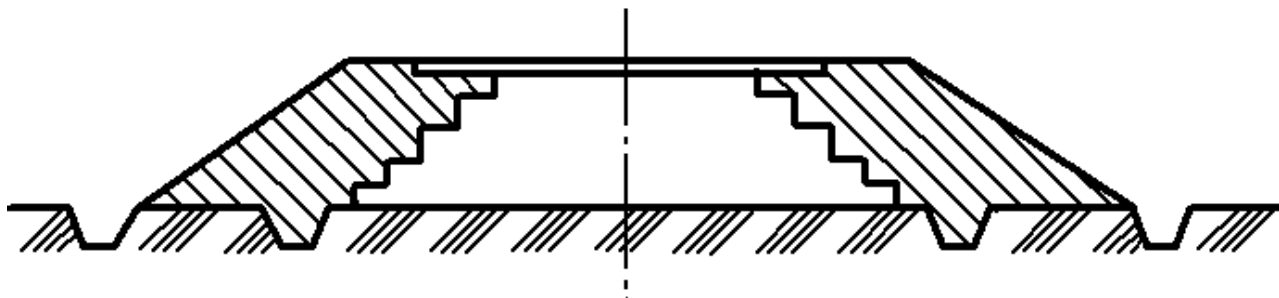
отдельных участках дорога может проходить по новому направлению и не затрагивать старую дорогу. В этом случае возведение земляного полотна не вызывает осложнений и его выполняют по общим, ранее изложенным правилам. При частичном совпадении новой трассы с осью старой дороги могут быть варианты, когда новая дорога проходит выше или ниже старой. В зависимости от величины возвышения, работы могут потребовать только утолщения старой дорожной одежды или использования её как основания для новой. При значительном повышении необходимо поднятие уровня земляного полотна с проведением земляных работ.

В большинстве случаев при реконструкции необходимо уширение земляного полотна, так как с повышением категории ширина земляного полотна увеличивается. В зависимости от размеров этого уширения назначают способы работ и машины. В ряде случаев при реконструкции дороги учитывают замеченные недостатки при её эксплуатации – наличие участков, подвергающихся воздействиям пучин, оползней, грунтовых вод и др. Это вызывает, в свою очередь, изменение земляного полотна, удаление пучинистых грунтов, строительство дренажей и других специальных устройств.

Одна из важных особенностей организации работ при реконструкции дорог – необходимость обеспечения бесперебойного пропуска транспортных средств через участки, где идут работы. Обычно это осуществляют путём устройства временных объездов, что усложняет и удорожает строительство. Поэтому при реконструкции обычно сокращают фронт работ и ведут строительные работы поочередно на каждой половине дороги. Для бесперебойного и безопасного проезда предусматривают службу технической помощи, сигнализацию, дорожные знаки и ограждения.

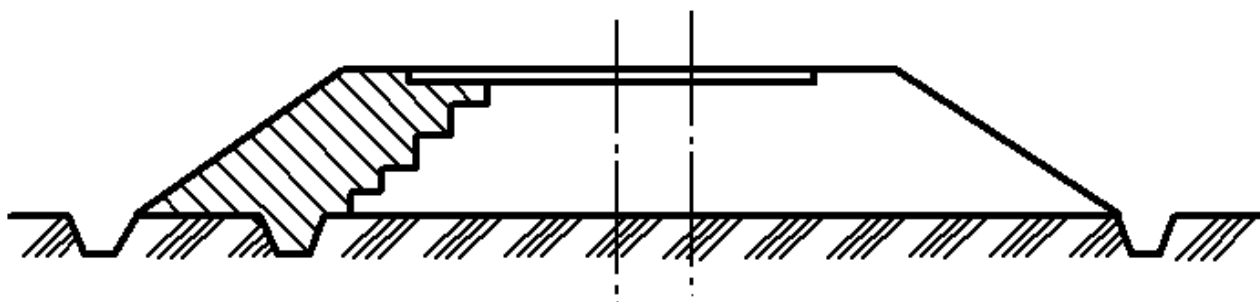
УШИРЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

Уширение земляного полотна на 2 – 7 м – наиболее часто встречающийся вид работ при реконструкции дороги. На дорогах I категории приходится для второй проезжей части строить новое земляное полотно. Уширение возможно с двух сторон старого земляного полотна при совпадении новой трассы с осью старой дороги.



На рисунке симметричное уширение дорожного полотна с обеих сторон

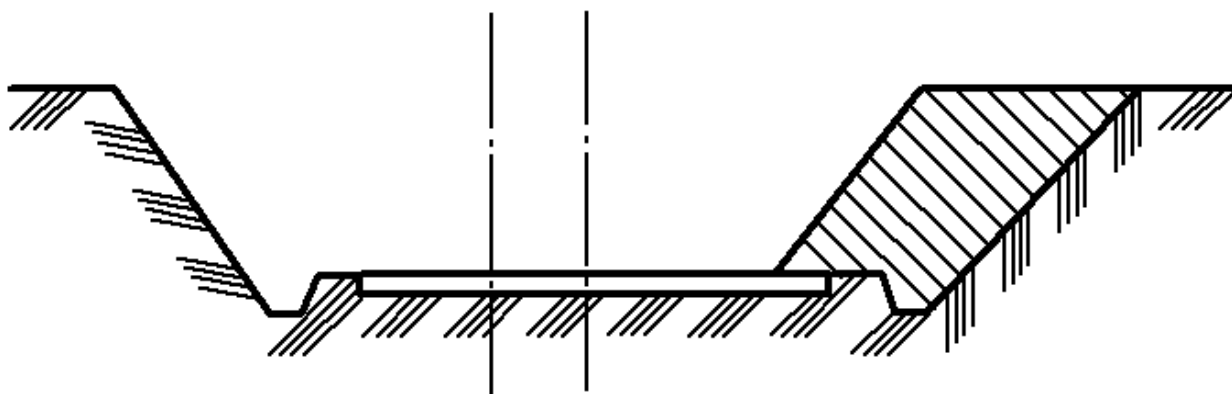
При назначении такого уширения необходимо иметь в виду, что снятие растительного слоя необходимо выполнять не только на величину уширения, но и на 3 – 5 м шире для движения построечного транспорта, причём с двух сторон. При узких полосах уширения грунт подвозят по верху старого земляного полотна и ссыпают вниз на уширяемую полосу. Недостатком такого способа является трудность разравнивания и невозможность уплотнения грунта. В этом случае дорожная одежда, если уширяемая её часть попадает на уширенное земляное полотно, может быть построена только спустя продолжительное время, за которое произойдет естественное уплотнение грунта. Поэтому при необходимости уширения с каждой стороны менее чем на 2 – 2,5 м предпочтительно проведение уширения с одной стороны. Желательно, чтобы уширяемая часть новой дорожной одежды была расположена в пределах старого земляного полотна.



На рисунке одностороннее уширение дорожного полотна

Могут встретиться случаи необходимости уширения меньше чем на 1,5 – 2 м. При этом уширяемую часть увеличивают до 2 – 3 м, хотя бы и с превышением ширины земляного полотна против нормы, или отказываются вообще от уширения, если речь идет о необходимости незначительного уширения, например, 0,5 – 1 м. Чаще всего для выполнения небольшого уширения срезают часть старого земляного полотна из расчёта образования в итоге полосы уширения 2,5 – 3 м.

В процессе реконструкции возникает необходимость в уширении земляного полотна в выемках и на косогорах. В этих случаях с учётом глубины выемки и объёма работ, следует проводить уширение с одной стороны.



На рисунке одностороннее уширение выемки

Уширяемое земляное полотно должно быть тщательно уплотнено. При устройстве дорожной одежды в тот же год следует уширяемую её часть обязательно располагать на старой части земляного полотна.

Все возможные варианты уширения земляного полотна должны быть рассмотрены при проектировании с учётом способов производства работ, и в проекте принимают только наиболее целесообразный вариант.

Для омоноличивания старой насыпи с новой их сопрягают уступами в виде ступеней. Размеры ступеней по высоте назначают равными толщине слоёв присыпаемой насыпи. Толщину слоёв назначают в зависимости от вида грунта и уплотняющих машин. Сначала снимают укрепление откосов и удаляют в сторону. Если укреплением являлся растительный грунт, его срезают автогрейдером и передвигают в сторону бульдозерами. На высоких насыпях, недоступных для работы автогрейдеров, растительный грунт срезают экскаваторами-драглайнами и грузят в автомобили для транспортирования в места возможного их применения или отваливают в сторону для повторного использования на откосах новой насыпи. После этого подвозят грунт из карьера, разравнивают его автогрейдером и уплотняют катками. По уплотнённому первому слою укладывают также второй, предварительно срезают уступ на откосе старой насыпи. Для большей устойчивости присыпанных частей насыпи предварительно разрыхляют поверхность откоса старой насыпи экскаватором-драглайном, а затем после отсыпки грунта уплотняют поверхность откоса и верхнюю часть. Для уплотнения грунта на откосе можно использовать тот же драглайн, оборудованным прицепным катком допустимой для экскаватора массой. Верхнюю часть можно уплотнять трамбующей плитой или площадочным вибратором.

Так же как и при постройке новой автомобильной дороги, во время производства земляных работ необходимо обеспечивать отвод воды. При сохранении движения по дороге и двухстороннем уширении сначала полностью уширяют земляное полотно на одной стороне, только потом приступают к уширению на другой. При наличии достаточного парка машин работы можно выполнять последовательно идущими звеньями, работающими на различных слоях с одной или двух сторон уширяемой насыпи.

Обычно стараются перевести движение на другие дороги или объезды.

ПОВЫШЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В ряде случаев, при реконструкции дороги в целях улучшения и смягчения продольного профиля меняют расположение трассы в высотном положении путём повышения земляного полотна. По способам работ следует рассматривать три варианта. При первом, когда старая дорожная одежда не представляет ценности, на неё сразу отсыпают земляное полотно. При втором варианте стремятся использовать материал старой дорожной одежды. Поэтому предварительно до отсыпки земляного полотна производят разломку старой одежды. Полученные материалы грузят в самосвалы и вывозят для строительства основания новой одежды на участках, где земляное полотно уже отсыпано.

После вывозки материала поверхность оставшегося земляного полотна выравнивают автогрейдером. По окончании подготовительных работ земляные работы выполняют по общим правилам: послойной отсыпкой с разравниванием и уплотнением.

Оба варианта возможны только тогда, когда старое земляное полотно имеет достаточную ширину. В большинстве случаев необходим третий вариант: предварительное уширение земляного полотна с учётом того, чтобы при выдерживании требуемой крутизны откосов и необходимой ширины дорожного полотна расстояние между бровками в готовом виде соответствовало бы требуемым нормам. Таким образом, предварительно осуществляют одно- или двухстороннее уширение земляного полотна.

Досыпать и уширять насыпи следует теми же грунтами, из которых была сооружена старая насыпь.

При повышении отметок в выемке работы облегчаются тем, что в большинстве случаев выемку можно расширять односторонне. После снятия растительного слоя на участке будущей присыпки засыпают боковую канаву и производят уширение насыпи, как было указано ранее. После проведения уширения отсыпают грунт на всю ширину будущего дорожного полотна.

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Строительство земляного полотна сопровождаются определением фактического планового и высотного положения его осей и бровок, а также крутизны откосов относительно их проектных геометрических параметров. Правильность расположения земляного полотна в плане и профиле обеспечивают полнотой и точностью разбивочных работ, выполняемых с помощью геодезических инструментов и других приспособлений. Например, проверку крутизны откосов выполняют с помощью переносных лекал-шаблонов.

При контроле ведут журнал, в который записывают дату проверки, проектные, фактические параметры земляного полотна и их отклонения, объёмы выполненных работ, а также выводы и предложения по оценке качества данных работ. По результатам контроля составляют исполнительную схему земляного полотна. Руководитель строительного подразделения (мастер, производитель работ) на основе этой схемы и данных журнала в случае допустимых отклонений даёт разрешение на производство последующих работ, при значительных отклонениях – даёт указания и назначает срок на их устранение до начала последующих работ.

УЧЁТ И ПРИЁМКА ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Без приёмки земляного полотна (с участием представителей технического надзора заказчика и авторского надзора проектной организации) с оформлением соответствующего акта не допускают работы по строительству конструктивных слоёв дорожной одежды. Дефекты и нарушения, выявившиеся во время технологических перерывов, независимо от их причин к моменту сдачи должны быть устранены. До сдачи земляного полотна проводят промежуточную приёмку водоотвода, дренажей, подпорных стенок, противооползневых и противоналедных сооружений. При этом работы по строительству дренажей принимают по мере готовности отдельных элементов как скрытые работы (продольный дренаж подлежит отдельной промежуточной приёмке). Приёмку с составлением актов освидетельствования скрытых работ производят после снятия мохового или дернового слоя, выторфовывания,

корчѐвки пней, замены грунтов или осушения основания земляного полотна, установки копирных струн перед профилированием его поверхности.

Во время приёмки земляного полотна проверяют его геометрические размеры, расположение в плане и продольном профиле, крутизну и укрепление откосов, качество уплотнения грунта, правильность расположения и оформление резервов, берм, нагорных канав. Грунтовые карьеры, резервы и отвалы предъявляют к сдаче в рекультивированном виде.

Ширину земляного полотна и крутизну откосов проверяют не менее чем в трёх местах на каждом километре дороги, а также в местах, вызывающих сомнение при осмотре. Положение земляного полотна в плане проверяют, измеряя отдельные углы поворота и прямые между ними, а также выполняя 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 водоотводных сооружений.

Качество грунта земляного полотна и степень его уплотнения проверяют по документации выполненных этапов производственного контроля и результатам лабораторных испытаний. Особое внимание уделяют местам засыпки труб и подходам к мостам. Контрольную проверку производят не менее чем в трёх местах на каждом километре дороги и дополнительную над трубами и конусами мостов не менее чем на 1/3 общего их числа. При изменении вида грунтов по высоте земляного полотна назначают дополнительные испытания на соответствующей глубине.

Допустимые отклонения параметров основных конструктивных элементов земляного полотна и установленные правилами коэффициенты значимости α_i позволяют оценивать качество отдельных видов работ S по средневзвешенной величине оценок основных качественных параметров Q_i :

$$S_n = \frac{\alpha_1 \cdot Q_1 + \alpha_2 \cdot Q_2 + \dots + \alpha_i \cdot Q_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i} = \frac{\sum \alpha_i \cdot Q_i}{\sum \alpha_i}$$

Степень соответствия параметров требованиям проекта может быть оценена на «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно».

Общую оценку качества земляного полотна устанавливают как средневзвешенную величину из балльных оценок S_i следующих видов работ:

1. подготовка основания земляного полотна;
2. возведение насыпей и разработка выемок;
3. обеспечение водоотвода;
4. укрепительные работы;

$$P = 0,26 \cdot (0,7 S_1 + S_2 + 0,8 S_3 + 0,7 S_4),$$

где числовые коэффициенты и индексы оценок видов работ соответствуют порядковым номерам перечисленных работ.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО ВОЗВЕДЕНИЮ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

При проектировании организации работ устанавливают время и место выполнения работ, обеспечение дорожно-строительными машинами, материалами и рабочими, транспортными средствами. Рассматривая строительство земляного полотна, определяют конкретные сроки выполнения земляных работ на каждом участке дороги, рассчитывают необходимое количество дорожных машин и рабочих, потребность в транспортных средствах на каждый день работы. Кроме этого, к организации работ относится и решение таких задач, как размещение и взаимодействие машин непосредственно на объектах работ.

Земляное полотно – это часть автомобильной дороги, поэтому организацию производства земляных работ рассматривают с учётом выполнения смежных работ – постройки мостов и труб, строительства дорожной одежды и производственных предприятий, строительства зданий для дорожно-эксплуатационной службы и обслуживания транспорта. При строительстве автомобильных дорог применяют два способа организации: поточный и участковый (иначе его называют последовательным или циклическим). Соответственно и организация земляных работ при применении того или иного способа различна.

При организации строительства по поточному способу для выполнения земляных работ создают подразделения (бригады или отряды), специализированные по виду 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 и т.д. Специализированные отряды или бригады отличаются друг от друга по составу машин, так как каждый из них комплектуют машинами, наиболее подходящими для работ, который должен выполнять данный специализированный отряд.

В связи с тем, что объём земляных работ по длине строящейся дороги изменяется в зависимости от высоты насыпей и глубины выемок, такая характеристика потока, как скорость, выражается не в единицах длины, а в

объёмах земляных работ, выполняемых за одну смену. Эту характеристику принято называть сменным объёмом.

Принцип поточной организации сохраняется и во внутренней структуре отрядов и бригад. Звенья, из которых состоят бригады или отряды, так же являются специализированными, и каждое выполняет свои определённые технологические процессы. Производительность звеньев согласовывают, поскольку каждое из них готовит фронт работ для последующего за исключением последнего отделочного звена, которое завершает работу, но производительность его также должна соответствовать темпу работы отряда (бригады). Иногда это подразделение выполняет отделочные работы на нескольких участках попеременно вслед за выполнением работ разными специализированным отрядами.

При не поточных методах организации земляных работ возведение земляного полотна ведут одним механизированным подразделением, включающим различные основные машины для земляных работ (экскаваторы, скреперы, бульдозеры).

Работа этих машин отдельно или группами происходит в соответствии с характером и видом распределения земляных работ по дороге.

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

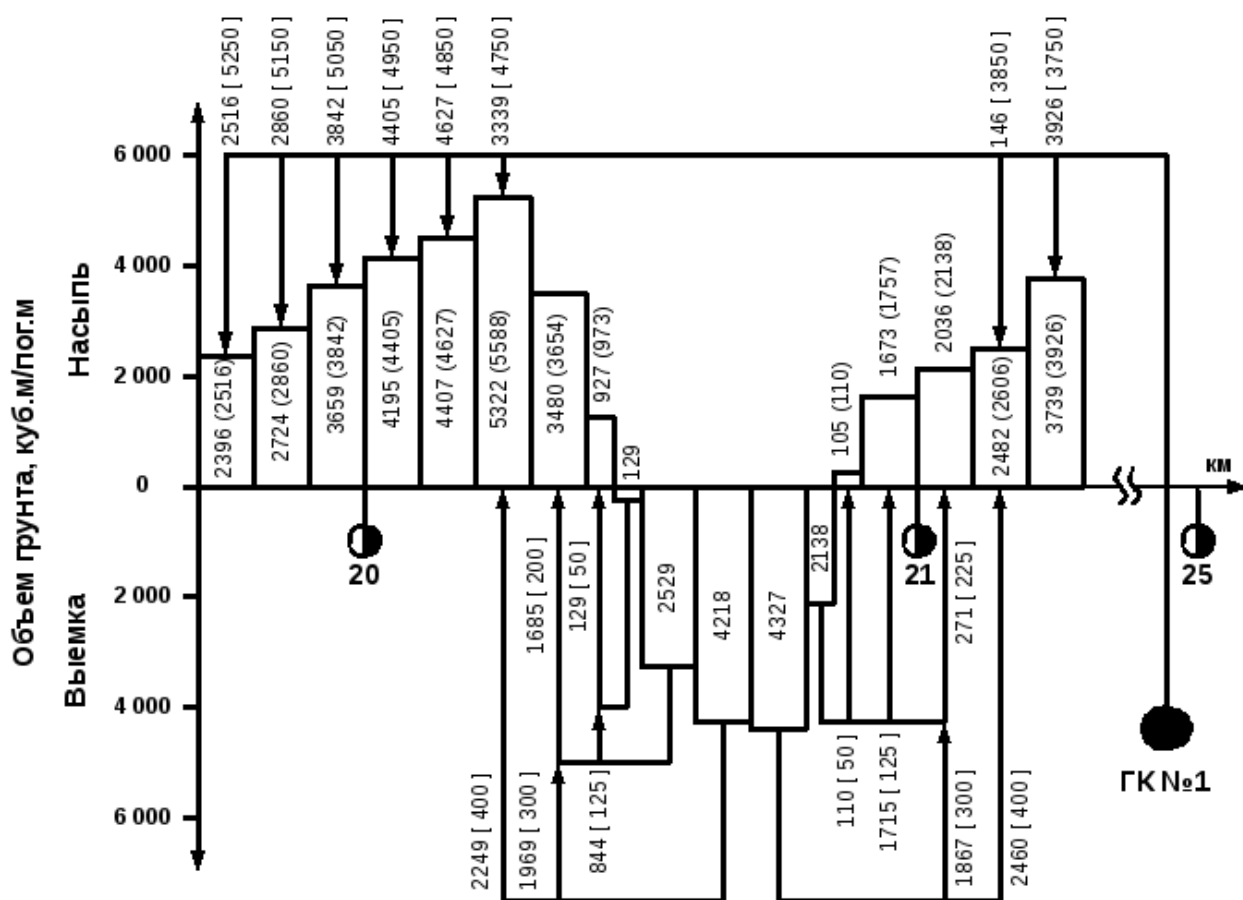
Проект организации строительства (ПОС) является частью общего проекта на строительство или реконструкцию дороги, его разрабатывает проектная организация.

Проект производства работ (ППР) составляют непосредственно строители, и он является дополнением к проекту организации строительства, в котором разработана детальная организация работ, учитывающая конкретные условия работ на каждом отдельном участке. Иными словами, проект производства работ уточняет решения, принятые в проекте организации строительства, а также разрабатывает некоторые вопросы, не затронутые в нём или упущенные. Значительное место в проекте производства работ занимает доработка технологии и организации работ частных потоков, отрядов, бригад и даже отдельных машин. При разработке проектов производства работ выполняют дополнительные обследования района строительства, в частности, для уточнения источников получения грунта, их состояния, условий разработки и возможности прокладки временных дорог. Необходимые изменения проекта, выявленные в процессе разработки проекта производства работ, согласовывают с проектной организацией, составляющей проект организации строительства, и с инстанцией, его утвердившей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ, ВЫБОР МАШИН И КОМПЛЕКТОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Профильные объёмы насыпей и выемок устанавливают на основании продольного и поперечного профилей запроектированной автомобильной дороги. В процессе изысканий и проектирования дороги определяют возможные источники получения грунта для насыпей – грунтовые карьеры выемки, боковые резервы.

На основании этих сведений и данных о грунтах производят распределение земляных масс.



На рисунке – график распределения земляных масс

При составлении графика распределения земляных масс надо принимать во внимание разницу в плотности грунта в условиях естественного залегания δ_c и в построенной насыпи δ_n .

Выбор машин производят отдельно для каждого конкретного объекта земляных работ. Для этого анализируют условия ведения земляных работ на каждом участке. Для каждого участка отдельно или для группы участков с

одинаковыми условиями назначают возможные варианты применения тех или иных основных машин. Рациональные варианты устанавливают на основании технико-экономических расчётов, при которых по каждому варианту определяют стоимость работ, количество затрачиваемой энергии, выработку на одного рабочего, т.е. технико-экономические показатели (ТЭП). Для расчёта ТЭП составляют описание технологии работ и делают расчёт потребных ресурсов. При этих расчетах сложной задачей является выбор модели или мощности основной машины, поскольку эта задача может иметь большое число вариантов. Такая задача решается с применением вычислительной техники.

Комплектование специализированных подразделений производят на основании расчётов рабочих технологических карт, составленных на объёмы работ, соответствующие расчетной сменной производительности. Для установления рационального состава отряда необходимо подобрать машины таким образом, чтобы производительность вспомогательных машин соответствовала выработке основных. Эту часть задачи также решают по-вариантно, т.е. рассматривают применение различных моделей основных машин в сочетании с различными моделями вспомогательных. Для решения также используют вычислительную технику.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Технологические карты – это разработки, в которых содержатся 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 в технологических картах имеются данные по охране труда и технике безопасности. Форма и содержание технологических карт, разрабатываемых различными организациями, не одинакова, но назначение их и преследуемые цели – общие. Карты разрабатывают с целью обеспечения строителей готовыми решениями по технологии и организации работ, способствующими уменьшению трудоёмкости, 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 учётом конкретных местных условий строительства. Они предназначены

для использования непосредственно при производстве работ прорабами, мастерами и рабочими.

**СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
КАПИТАЛЬНОГО ТИПА**

ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ] АЛЬНОГО ТИПА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Строительство автомобильных дорог складывается из строительства комплекса дорожных сооружений, основным из которых по значению и стоимости является дорожная одежда. Дорожная одежда должна быть достаточно прочной, чтобы в течение длительного срока выдерживать воздействие нагрузки от автомобилей. Она также должна быть износостойкой и обладать способностью сохранять прочностные свойства при воздействии как повышенной положительной, так и отрицательной температур.

Возникающие в дорожной одежде вертикальные и горизонтальные напряжения от автомобилей затухают с глубиной. Это позволило конструировать её из нескольких слоёв, различных по прочности, в соответствии с величинами и видами усилий, действующих на каждый слой. Покрытие, непосредственно воспринимающее воздействие колёс автомобилей и природных факторов, должно быть наиболее прочным, износо- и термостойким, ровным и шероховатым для обеспечения безопасного движения с расчётной скоростью и наименьшим сопротивлением движению. Одновременно покрытие служит для защиты от проникновения поверхностной воды.

Покрывтия, как правило, устраивают двухслойными, причём нижний слой, непосредственно не подверженный истиранию под воздействием колёс автомобилей, сооружают из менее прочных материалов. Покрытие необходимо периодически восстанавливать, так как под влиянием воздействия колёс автомобилей происходит его износ. На покрытие укладывают тонкий слой, называемый слоем износа. Основание воспринимает нагрузку, передаваемую через покрытие, и распределяет её по земляному полотну. Основание может состоять из одного или нескольких слоёв. Поскольку основание непосредственно не воспринимает воздействие колёс автомобилей, для него используют материалы меньшей прочности, чем для покрытия. Основание работает в лучших условиях, т.к. благодаря покрытию изолировано от поверхностной влаги. Вместе с тем, вода, перемещаясь из земляного полотна в период зимнего промерзания, может переувлажнять его. Поэтому к материалам основания предъявляют повышенные требования в отношении водо- и морозостойкости. Когда основание не может полностью удовлетворить всем требованиям, его укладывают на дополнительный слой основания. Дополнительный слой основания называют также подстилающим слоем, поскольку он также служит для дальнейшего распределения нагрузки от транспорта. В случае, когда дополнительный слой основания выполняет

функцию отвода избыточной воды, поступающей из верхних слоёв земляного полотна, его называют дренирующим. Дренирующий слой устраивают из пористых материалов (песок, шлак, щебень и т.д.). При наличии местных песков его укладывают на всю ширину земляного полотна.

Если преследуют цель недопущения воды из земляного полотна в слои дорожной одежды дополнительный слой основания устраивают водонепроницаемым.

ПОДГОТОВКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Приступая к строительству дорожной одежды, подготавливают земляное полотно, на которое она будет уложена. Земляное полотно после окончания его возведения было спланировано и уплотнено, но до начала строительства дорожной одежды по нему проходило движение строительного транспорта, укладывали водоотводные сооружения. Поэтому поверхность земляного полотна была нарушена и необходимы планировка его, доуплотнение, а иногда и дополнительное укрепление. На участках выемок и невысоких насыпей (1 – 1,5 м) когда при строительстве за счёт уплотнения построечного транспорта можно обеспечить требуемую плотность грунтов земляного полотна, дорожную одежду строят в тот же год, но в большинстве случаев дорожную одежду строят на следующий год после возведения земляного полотна. За это время при насыщении водой и замерзании зимой пылеватые пористые грунты несколько разуплотняются и требуется доуплотнение. Доуплотнение производят после планировки и придания проектной величины поперечному уклону. Для доуплотнения применяют 16 – 30-тонные пневмоколёсные катки. Особенно важно хорошее уплотнение в пределах проезжей части для обеспечения ровности и прочности покрытия. Доуплотнение производят продольными челночными проходами катков, начиная от бровки земляного полотна, на расстоянии 0,3 – 0,5 м от них. Каждый следующий проход катки делают ближе к оси дороги на $\frac{2}{3}$ уплотнённой полосы. После прохода пневмоколёсных катков на земляном полотне остаются неровности, которые сглаживают двумя-тремя проходами автогрейдера и, если необходимо, доуплотняют двух- или трехвальцовыми катками массой не менее 8-10 т.

Когда грунт земляного полотна обладает невысоким модулем упругости, укрепляют его минеральными материалами (гравий, шлак, каменистые отходы и др.), выполняя эту работу после планировки земляного полотна, но до проведения работ по доуплотнению.

Материал разравнивают бульдозерами, после чего приступают к его уплотнению тяжёлыми катками с металлическими вальцами, которые вдавливают минеральный материал в грунт.

Поверхностный слой земляного полотна (около 5 – 10 см) часто улучшают мелкозернистым материалом – песком, золой уноса, шлаком и т.п. В этом случае после разравнивания материал перемешивают с грунтом фрезами, рыхлителями или автогрейдером с кирковщиками, затем после разравнивания уплотняют тяжёлыми пневмоколёсными катками.

Одновременно с этими работами строят временные дороги, предназначенные для подвозки по ним грунта, материалов, полуфабрикатов и деталей от железнодорожных станций, карьеров и заводов. Подъездной путь целесообразно размещать в пределах временной полосы отвода между подошвой насыпи и валом сдвинутого растительного грунта. Для разворота автомобилей на узком земляном полотне к насыпям на отдельных участках присыпают грунт для образования разворотных площадок.

СТРОИТЕЛЬСТВО ОСНОВАНИЙ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Дорожные основания – основные несущие слои дорожной одежды, назначение которых восприятие нагрузки от автомобилей и распределение её на грунт земляного полотна. В общем случае дорожные основания состоят из трёх слоёв – верхний слой из наиболее прочных материалов, нижний – из местных материалов меньшей прочности, третий, дополнительный слой основания имеет специальное назначение. При наличии достаточно прочных местных материалов возможна укладка основания одним слоем.

Для оснований применяют щебень, как фракционированный, так и рядовой, щебёночные и гравийные смеси, шлаки и другие материалы в виде щебня или смесей. Щебёночный материал применяют марки по износу не ниже И-III при способе заклинки и И-IV при укреплении его вяжущим. Материалы из карьеров и отвалов любой марки по прочности, удовлетворяющие зерновому составу для оптимальных смесей, обеспечивающие модуль упругости слоя не менее 150 мПа, применяют в нижних слоях основания. В верхних слоях должны быть материалы, обработанные вяжущими. Материал для оснований назначают на основе технико-экономических расчётов.

Для цементно-бетонных покрытий основание должно быть прочным и обладать достаточной жёсткостью, чтобы противостоять неравномерным

поднятиям при пучинообразованиях (допустимая величина неравномерного поднятия 2 см для цементно-бетонного покрытия и 4 см для асфальтобетонного покрытия). Основание назначают из расчёта, чтобы модуль упругости основания был таким, при котором напряжения при изгибе в покрытии и в верхнем слое самого основания не превышали допустимых с учётом повторности нагрузок.

Порядок работ по строительству основания следующий. Законченное земляное полотно имеет по ширине проезжей части двухскатный поперечный профиль с поперечными уклонами, придаваемыми покрытию. На следующий год после возведения земляного полотна (реже в тот же год) приступают к строительству дополнительного слоя основания. В большинстве случаев его строят дренирующим и одновременно морозоустойчивым, устанавливая толщину с учётом глубины промерзания.

После укладки нижнего слоя основания на его толщину досыпают обочины из материала для обочин. Затем начинают уплотнение одновременно по всей ширине от бровки до бровки (т.е. нижний слой основания и обочины). Таким же образом возводят и верхний слой основания.

При доставке и распределении материалов учитывают коэффициенты их уплотнения: для сортового щебня – 1,25-1,3; щебеночных и гравийных смесей – 1,3-1,35 с уточнением по результатам пробной укатки.

При укладке на песчаный слой во избежание нарушения его ровности и плотности при проезде автомобилей-самосвалов минеральный материал вывозят на край уже уложенного материала. Перемещение и разравнивание материала по песчаному слою производят бульдозером путём сдвигания его вперёд по ходу работ.

Толщину уплотняемого слоя при применении катков с металлическими вальцами назначают не более 18 см. При применении пневмоколёсных катков – 25 см.

Основания могут устраиваться из минеральных материалов не обработанных вяжущими и обработанных вяжущими. Капитальные покрытия целесообразно строить на основаниях из минеральных материалов, обработанных органическими и неорганическими вяжущими. Такие основания укладывают в один слой на дополнительном слое или в два иногда и более слоёв. Для снижения расхода вяжущего верхний слой строят с применением вяжущих, а нижний – из минеральных и других материалов без обработки вяжущими.

ОСНОВАНИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕ ОБРАБОТАННЫХ ВЯЖУЩИМИ

К основаниям, устроенным из минеральных материалов не обработанных вяжущими относятся:

- ◇ - щебёночные основания, устроенные по способу заклинки;
- ◇ - основания из щебёночных смесей (рядового щебня);
- ◇ - гравийные основания;
- ◇ - щебёночно-гравийные основания;
- ◇ - шлаковые основания;
- ◇ - грунтощебёночные и грунтогравийные основания.

Рассмотрим каждый из этих видов.

1. Щебёночные основания по способу заклинки строят с проведением нескольких россыпей сортового щебня различных размеров и уплотнения каждой из них. Основания могут быть в один, иногда в два слоя. В верхний слой толщиной 10-15 см укладывают прочный и менее крупный щебень, в нижний слой толщиной 15-25 см – более слабый и крупный. Основания из сортового щебня являются прочными и обладают расчётным

Модулем упругости, не содержат пылевато-глинистых частиц и при переувлажнении не теряют устойчивости.

Щебень распределяют требуемой толщиной слоя с учётом коэффициента уплотнения, выравнивают и уплотняют. Первый слой уплотняют, чтобы создать устойчивость щебня в слое. После уплотнения основного слоя производят поверх него вторую россыпь щебня в качестве расклинивающего материала. Если щебень основного слоя был размером 40-70 мм, для расклинки рассыпают щебень размером 20-40 мм (при щебне 70-120 мм расклинивают щебнем 40-70 мм). После его уплотнения для заклинки производят третью россыпь щебня размером 10-20 мм. Для щебня прочных пород применяют катки с металлическими вальцами сначала массой 6, а затем 10 – 12 т. Если уплотняют пневмоколёсными катками, сначала применяют 10 – 16-тонные, затем 16 – 35 т. Для ускорения укатки применяют виброкатки. При работе катками с металлическими вальцами каждый предыдущий след перекрывают на 1/3 ширины вальца. Скорость движения вначале 1,5 – 2 км/ч, затем скорость катка доходит до наибольшей с которой он может работать. Количество проходов катка по одному следу определяют опытным уплотнением. В сухую жаркую погоду для облегчения уплотнения щебень поливают водой.

Признаком уплотнения первого слоя служит прекращение образования волны перед катком и отсутствие заметной на глаз осадки щебня. При укатке второго и третьего слоя признаками окончания уплотнения служат отсутствие подвижности щебня. Прекращение образования волны перед катком, отсутствие следа.

2. Основания из щебёночных смесей (рядового щебня), получаемых при дроблении без сортировки по размерам, строят по следующей технологии. Щебёночный материал размером 0 – 70 мм, даже до 120 мм сразу распределяют слоем требуемой толщины. Распределённый слой щебня уплотняют катками от краёв к середине россыпи. Катки назначают такие же, как при укатке щебёночного основания по способу заклинки. Признаком завершения уплотнения является отсутствие следа от прохода заднего вальца тяжёлого катка.

3. Гравийные основания строят одно- и двухслойными толщиной до 15 – 30 см из местных гравийных материалов любой прочности с размером зёрен от 0 до 120 мм для нижнего и до 40 мм для верхнего слоя. В смеси не должно быть пылевато-глинистых частиц (размером до 0,075 мм) более 5% (во II дорожно-климатической зоне более 3%). Ограничение пылевато-глинистых частиц необходимо, т.к. при насыщении основания водой (например, весной) материал становится пластичным и подвижным, что приводит к образованию волн на покрытии. Для получения прочных оснований гравийные смеси должны отвечать требованиям, предъявляемым к плотным смесям.

4. Щебёночно-гравийные основания строят в два слоя: нижний толщиной до 25 см из гравийного материала, верхний толщиной 8 – 10 см из щебня размером до 40 мм. Основания этого типа строят с целью экономии щебня, заменяя его гравийным материалом.

5. Шлаковые основания строят из шлаков всех видов и крупности. Основания из сортового шлакового щебня, полученного дроблением кислых шлаков, строят аналогично щебёночным основаниям по способу заклинки. Основания из отвалных металлургических шлаков всех видов крупностью от 0 до 150 мм строят, как из щебёночных и гравийных смесей, слоем толщиной 40 см, уплотняют тяжёлыми катками, сопровождая поливкой водой. Основания из основных доменных шлаков благодаря их вяжущим свойствам можно рассматривать как низкомарочный бетон. Топливные шлаки ввиду пористости

и малой прочности пригодны для строительства только дополнительных слоёв основания.

6. Грунтощебёночные и грунтогравийные основания строят при наличии крупного щебня прочных пород. Основания слоем 20 – 30 см строят из щебня или гравия размером 70 – 120 мм с заполнением пустот песчаным и супесчаным грунтом. Каменный материал выполняет роль каркаса, пустоты которого заполнены песчаным грунтом.

При приёмке оснований из минеральных материалов, не обработанных вяжущим помимо оценки плотности при укатке проверяют ровность его по величине просвета под шаблоном и рейкой, которые не должны быть более 15 мм.

ОСНОВАНИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОБРАБОТАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

При использовании для укрепления первого слоя основания органических вяжущих могут применяться следующие способы:

1. способ устройства оснований путём пропитки или полу-пропитки минеральных материалов органическим вяжущим;
2. способ устройств оснований из смесей, приготовленных путём смешения минерального материала с органическим вяжущим на дороге.

• При способе пропитки на уплотнённый минеральный материал нижнего слоя основания рассыпают щебнеукладчиками сортовой щебень размером 40 – 70 мм слоем до 8 см и прикатывают за два – три прохода по одному следу тяжёлыми катками. После этого разливают органическое вяжущее (битум БНД и БН 130/200, БНД и БН 90/130, дёготь Д-6 и Д-7) в количестве до 5 – 6 л/м² и рассыпают щебень размером 20 – 40 мм в количестве 0,2 – 0,3 м³/м² с последующим окончательным уплотнением тяжёлыми катками.

Способ полупропитки отличается от способа пропитки тем, что вяжущее разливается после второй россыпи щебня, т.е. щебня 20 – 40 мм. Этот способ часто применяют, когда для устройства основания используют старое щебёночное покрытие. В этом случае старое покрытие вскирковывают на глубину до 6 см. Вскиркованный щебень подвергают прогрохотке и промывке, после чего рассыпают слоем. При недостаточной толщине этого слоя рассыпают новый щебень размером 20 – 40 мм, разравнивают и уплотняют лёгким катком за два - три прохода по одному следу. После этого разливают вяжущее (способ полупропитки).

- Наибольшее применение получили основания из смесей минеральных материалов, приготовленных по способу смещения на дороге или в установке. При этом смешение и укладку минеральной смеси, обработанной вяжущим, производят на нижнем или дополнительном слое основания, имеющим твёрдую поверхность и выдерживающем проезд грузовых автомобилей и дорожных машин. Для обработки минеральных материалов по способу смешения применяют такие виды вяжущих – битумы жидкие, дёгти каменноугольные и сланцевые, эмульсии. Для облегчения перемешивания в холодную погоду вяжущее необходимо подогревать до 60 – 80 ° С. Преимущество способа смешивания в том, что можно применять широкий спектр разновидностей материалов: щебень, шлаки, гравийные и другие материалы. Крупность материалов должна быть не более 70 мм. Смесь минеральных материалов должна быть оптимального грансостава. Подбор смеси выполняют в лабораторных условиях. При недостатке зёрен каких-нибудь размеров, необходимых по графику, их добавляют на месте получения. Дальнейшие работы зависят от применяемых машин для смешивания минерального материала с органическим вяжущим. Для перемешивания применяют автогрейдеры, передвижные смесители или фрезы.

При использовании автогрейдера минеральный материал распределяют кучами по оси дороги. После того как вывезен весь материал, автогрейдер формирует из него вал, на который затем выливают вяжущее в количестве, определённом в лаборатории (в среднем 5 – 7% от массы минерального материала). Вяжущее выливают посредством шлангов из автогудронатора. Затем поочерёдным разравниванием и собиранием в вал перемешивают до однородной массы автогрейдером. Когда смесь готова, её распределяют по всей поверхности основания, планируют и уплотняют.

Наиболее эффективны передвижные смесители. При их использовании материал также собирают в вал, из которого смеситель его забирает, перемешивает и полученную смесь выгружает, распределяя её в виде вала. Далее автогрейдером распределяют по ширине основания, планируют и уплотняют.

При перемешивании фрезами минеральный материал слоем требуемой толщины распределяют по всей ширине основания. Затем разливают вяжущее и пускают фрезы, которые за два-три прохода перемешивают минеральный материал с вяжущим. После перемешивания слоёв выравнивают автогрейдером и уплотняют катками.

При контроле качества готового основания определяют предел прочности при сжатии образцов при 50⁰С, который должен быть не менее 0,9 мПа, а для водонасыщенных образцов – 0,5-0,8 мПа.

УКРЕПЛЕНИЕ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ОСНОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЯЖУЩИМИ

Часто основание устраивается из одного материала на всю его толщину, а затем выполняют укрепление верхнего слоя минеральными вяжущими (цемент, известь др.). Для снижения расхода цемента вводят в смесь золу уноса и другие активные материалы.

Используется два основных способа укрепления верхнего слоя основания (например, гравийного) минеральными вяжущими:

- метод смешения верхнего слоя основания с песчано-цементной смесью;
- метод пропитки (вдавливания) песчано-цементной смеси в верхний слой основания.

И в том и в другом случае песчано-цементная смесь готовится заранее в смесительной установке. Доставленную на трассу песчано-цементную смесь распределяют по поверхности основания.

В первом случае фрезой или рыхлителем перемешивают её совместно с верхним слоем, с последующим профилированием и уплотнением катками 12 – 14 т на пневмомашинках.

Во втором случае распределённую смесь вдавливают виброкатком, как бы пропитывают верхний слой основания.

После отделки основания осуществляют уход за ним путём розлива битумной эмульсии или россыпи песка слоем 4 – 6 см и поддержание его во влажном состоянии в течение 2-х суток.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУНТОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ

Грунты, укрепленные вяжущими материалами, применяют для устройства дорожных оснований под капитальные и облегченные покрытия, а также покрытий переходного типа со слоем износа в виде поверхностной обработки. Укреплением грунтов называют ряд последовательных технологических операций с применением вяжущих, обеспечивающих высокую прочность и длительную устойчивость в сухом и влажном состоянии.

Технология устройства оснований из грунтов, укрепленных вяжущими, основана на смешении грунтов с вяжущими с последующим разравниванием полученной смеси и её уплотнением. Смешение может производиться непосредственно на дорогах или в смесительных установках.

Укладку смеси грунта с вяжущим и её уплотнение следует выполнять при оптимальной влажности. Плотность укрепленного грунта должна быть не менее 0,98 от максимальной. Для достижения требуемой плотности и ровности слоёв покрытия следует применять уплотнение, сочетающее предварительное вибрирование смеси вибробрусом укладчика и укатку самоходными катками.

В основе классификации методов укрепления грунтов лежит применение вида вяжущего материала. Существуют следующие методы укрепления грунтов:

1. укрепление минеральными вяжущими материалами;
2. укрепление органическими вяжущими материалами;
3. комплексные способы укрепления грунтов (одновременное применение минеральных и органических вяжущих).

Использование грунтов для оснований значительно удешевляет стоимость 1 км дороги.

СТРОИТЕЛЬСТВО ОСНОВАНИЙ ИЗ ГРУНТОВ УКРЕПЛЁННЫХ МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЯЖУЩИМИ

Для укрепления грунтов применяю различные цементы, известь, тонко молотые шлаки, активные золы уноса и др. Для получения качественного основания при укреплении грунтов минеральными вяжущими необходимо соблюдать ряд требований. Например, 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%. Также необходимо обеспечить точное дозирование добавок, если они предусмотрены, и равномерное перемешивание грунта с вяжущими добавками. Тяжёлые суглинки и глины без внесения соответствующих поверхностно-активных веществ (ПАВ) непригодны для укрепления цементом. В процессе изготовления цементно-грунтовой смеси, её укладки и уплотнения нужно поддерживать оптимальную влажность. Реально применение таких грунтов, которые можно измельчить до необходимой крупности существующими грунтосмесительными машинами. Связные грунты укрепляют с числом пластичности не более 17.

Для укрепления цементом наиболее пригодны пылеватые супеси и песчано-глинистые грунты оптимального состава.

Пески очень пористы, и для получения из них плотного цементно-песчаного материала требуется повышенный расход цемента. Поэтому при их

укреплении необходимо смешивать их с пылеватыми суглинистыми грунтами местными минеральными тонкодисперсными материалами типа зола уноса, золо-шлаковые смеси, шлаковая и известковая пыль.

Очень важным требованием, предъявляемым к укрепленным грунтам любыми вяжущими, помимо механической прочности, является их морозостойкость. Количество цемента, извести и других местных вяжущих назначают на основании лабораторных исследований.

В отличие от цементобетона, в котором цемент твердеет главным образом в продуктах его гидролиза, в цементогрунте твердение протекает в активной среде тонкодисперсного грунта различного минерального и химического состава, что меняет обычный процесс твердения цемента. При этом влияет не только марка, минеральный и химический составы цемента, но также состав грунта, его кислотность, содержание в нём гумуса и солей. В зависимости от вида грунта процессы гидролиза и твердения цемента протекают по-разному. Поэтому прочность образцов цементогрунта бывает различной при одинаковой массовой доле вяжущего. Грунты под влиянием цемента, извести или других вяжущих коренным образом меняют свои первоначальные свойства, становятся менее восприимчивы к воздействию воды, приобретают большую прочность и жёсткость, но все же по своим характеристикам не приближаются к цементобетону.

Различают три способа приготовления и укладки цементно-грунтовой или другой смеси:

1. Укрепление грунта земляного полотна смешиванием на дороге с использованием смесительных машин, автогрейдеров и дорожных фрез;
2. Доставка на земляное полотно качественного грунта и смешивание его с минеральным вяжущим на дороге;
3. Приготовление смеси в стационарных установках в грунтовой карьере с последующей доставкой его на дорогу и укладкой в слой основания.

При первом способе последовательность технологических операций следующая:

- профилирование поверхности земляного полотна;
- подвозка цемента цементовозами и его распределение распределителями цемента;
- перемешивание грунта с цементом фрезами или другими машинами;
- доставка воды и её распределение поливомоечными машинами;
- перемешивание;
- профилирование цементно-грунтовой смеси автогрейдером или профилировщиком с приданием слою требуемого поперечного профиля;
- укрепление смеси и обочин пневмоколёсными катками;

- уход за уложенным слоем (укрытие песком с поливкой водой или розлив плёнкообразующих материалов, жидкого битума, эмульсии или укрытие полимерной плёнкой).

Второй способ отличается от первого только тем, что после профилирования поверхности земляного полотна производят уплотнение пневмоколёсными катками. Далее доставляют качественный грунт и распределяют по всей ширине основания. Дальнейшие операции такие же как и в первом способе, т.е. подвозка цемента, его распределение и т.д.

При третьем способе смесь готовят в карьерах песка, гравийной смеси или в отвалах отходов, пригодных для обработки минеральными вяжущими. Готовую смесь доставляют на место укладки и распределяют щебне- или асфальтоукладчиком, уплотняют бетоноотделочной машиной или катками. Применение смесительных установок и бетоноукладочных машин удорожает производство работ, однако при этом обеспечивается высокое качество цементно-грунтовой смеси.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ УНОСА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОСНОВАНИЙ

На тепловых электростанциях (ТЭС) в результате сжигания твёрдого топлива накапливаются отходы в виде зол уноса, золошлаков и шлаков. Золошлаки, удаляемые водным способом, почти полностью теряют вяжущие свойства и находят применение как песчаные или мелко-щебенистые грунты. Применение зол сухого удаления, называемых золами уноса, имеет важное значение, т.к. они обладают вяжущим свойством и ими можно укреплять грунты. Зола уноса пригодна для укрепления главным образом мало-связных грунтов (супесчаных) и несвязных грунтов всех видов, а также гравийно-песчаных, грунтово-щебеночных и других смесей. Золу уноса применяют как самостоятельное вяжущее в количестве 15 – 30% от массы грунта или другого используемого материала. Для повышения прочности можно добавить 2 – 5% цемента и 0,5% хлористого кальция от массы смеси. Предел прочности различных видов смесей с золой уноса на 125-й день твердения достигает 3 – 8 мПа, а с добавкой цемента – 12 мПа и более.

Схватывание смеси из грунтов, укрепленных золами уноса, наступает после увлажнения смеси до оптимальной влажности значительно позже, чем для цементогрунтов. Это позволяет несколько удлинить технологический процесс.

СТРОИТЕЛЬСТВО ОСНОВАНИЙ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЁННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ

Основания из грунтов, укреплённых органическими вяжущими, применяют в тех районах, где отсутствуют крупнозернистые минеральные материалы. Наилучшие результаты получают при укреплении органическими вяжущими супесчаных и легкосуглинистых грунтов. Нецелесообразно укрепление тяжёлых суглинков и глин без внесения добавок извести, цемента или поверхностно-активных веществ, т.к. они обладают высокой гидрофильностью, плохо подвергаются обработке, их очень трудно измельчить до состояния, при котором можно успешно перемешать с вяжущим.

Песчаные грунты с незаполненными порами требуют большого расхода вяжущего, основания из них не обладают требуемой сопротивляемостью сдвигу и сжатию. Для увеличения плотности песков вводят отходы камнедробления или другие минеральные добавки.

Укрепление чернозёма даёт хорошие результаты, если массовая доля гумуса в нём не превышает 4%.

Грунты, не удовлетворяющие требованиям плотных смесей, перед обработкой органическими вяжущими улучшают минеральными добавками. В суглинки и глины добавляют песок.

Для укрепления грунтов применяют медленно и среднетгустеющие жидкие битумы, дёгти каменноугольные Д-3, Д-4 и сланцевые С-3, С-4, С-5, вязкие битумы в виде эмульсий. Эти вяжущие легко перемешиваются с частицами грунта, обладают необходимым сцеплением для создания хорошей связи зёрен и частиц грунта между собой. После уплотнения они быстро набирают вяжущие свойства. Примерные дозировки органических вяжущих следующие.

Грунты	Органические вяжущие материалы, % по массе		
	Жидкие битумы и дёгти	Битумные и дёгтевые эмульсии	Карбомидные смолы
Крупнообломочные, гравелистые и щебенистые, крупные пески	3 – 6	3 – 5	4 - 6
Пески средние, мелкие и пылеватые	-	4 – 6	4 - 7
Супеси лёгкие крупные, лёгкие и пылеватые	4 – 6	4 – 7	6 – 8
Супеси тяжёлые	4 – 8	6 – 10	6 – 8

пылеватые, суглинки лёгкие, лёгкие пылеватые			
Суглинки тяжёлые, тяжёлые пылеватые	6 – 12	-	7 - 9

Лабораторными исследованиями установлена положительная роль воды при обработке грунтов органическими вяжущими. Однако количество воды и её роль иные, чем при укреплении грунтом минеральными вяжущими. При использовании для укрепления битума, оптимальное количество воды устанавливается экспериментальным путём. При оптимальной влажности смесь лучше перемешивается и уплотняется.

Укрепление грунтов битумными эмульсиями является наиболее прогрессивным способом. Лучшими для этих целей являются эмульсии прямого типа и медленнораспадающиеся. Кроме технологических преимуществ, битумные эмульсии придают грунтам лучшие свойства, чем жидкие битумы. Битумные эмульсии используют для укрепления несвязных супесчаных и легкосуглинистых грунтов, а также мелких и пылеватых песчаных грунтов. Тяжёлосуглинистые грунты перед обработкой эмульсией улучшают, смешивая с крупнозернистыми песками или с другими минеральными материалами.

Работы по укреплению грунтов эмульсиями проводят, начиная с ранней весны и в любую погоду летом. Осенью, при наступлении дождливой погоды, укрепляют только лёгкие песчаные и супесчаные грунты. Защитные слои или последующие слои дорожной одежды на основаниях из грунта, укрепленного эмульсией, укладывают через 10 – 15 суток сухой и тёплой погоды.

При применении битумных эмульсий технология работ состоит из следующих операций:

- профилирование поверхности земляного полотна и устройство съездов;
- уплотнение поверхности земляного полотна катками;
- доставка грунта из резервов и распределение его на всю ширину основания;
- удаление из грунта посторонних включений и его измельчение фрезами;
- если необходимо- распределение улучшающих материалов, а также воды до оптимальной влажности с последующим перемешиванием;
- розлив эмульсии;
- перемешивание фрезой грунта с эмульсией;
- уплотнение битумогрунта пневмоколёсными катками.

При укреплении грунтов органическими вяжущими, они должны иметь характеристики:

Свойства укрепленного грунта	Значения
------------------------------	----------

	показателя
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов при 20 ⁰ С, мПа	4,0 – 2,5
Предел прочности при сжатии при 50 ⁰ С, мПа	2,0
Предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов при 20 ⁰ С, мПа	1,0
Коэффициент морозостойкости, не менее	0,85

КОМПЛЕКСНЫЕ СПОСОБЫ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОСНОВАНИЙ

Комплексные способы укрепления грунтов основаны на применении, кроме основного минерального или органического вяжущего, небольших добавок различных поверхностно-активных веществ или вяжущего другого вида. Такой способ даёт значительные преимущества, основными из которых являются:

- ◇ возможность использования грунтов, непригодных или малопригодных для укрепления;

- ◇ повышается прочность, морозостойкость и деформативность укреплённых грунтов;

- ◇ обеспечивается производство работ в неблагоприятных погодных условиях;

- ◇ снижается расход основного вяжущего;

- ◇ улучшаются процессы перемешивания. Например, в цементогрунт при укреплении кислых солонцеватых суглинков и глин, песков и супесей, имеющих рН ниже 6, а также переувлажнённых грунтов с влажностью на 4 – 6% больше оптимальной добавляют 1 – 3% по массе известь. Хлористый кальций 0,4 – 0,8% по массе применяют при пониженной или отрицательной температуре воздуха, чтобы обеспечить процессы твердения. Силикой натрия (0,5 – 2% по массе) применяют для повышения прочности цементогрунта, ускорения его твердения и снижения расхода цемента. Электролиты также ускоряют и улучшают твердение цементогрунта. Кремнийорганические вещества, при укреплении грунта цементом, значительно повышают морозостойкость и снижают расход цемента. При добавке 0,05% от массы грунта пиридина в виде водного раствора в 1,5 раза снижается расход цемента. Пиридин является отходом нефтехимической промышленности.

При укреплении грунтов известью в смесь вводят силикат натрия или золу уноса, получаемую от сжигания бурого угля в соотношении 1:2.

При укреплении грунтов органическими вяжущими в битум добавляют анионоактивные вещества органических кислот или фенолов, а в грунт добавляют известь.

Развитие химической промышленности и увеличение выпуска различных синтетических смол холодного отверждения, открывают большие возможности их применения для укрепления грунтов.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ СЛОЙ ОСНОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ ПОДСТИЛАЮЩЕГО СЛОЯ

Дополнительными слоями основания называют слои, размещаемые непосредственно на земляном полотне. На дополнительном слое строят дорожное основание. Строительство дополнительного слоя производят при необходимости обеспечения требуемой по расчёту прочности или морозостойкости дорожной одежды, а также для осушения верхней части земляного полотна и дорожной одежды, или предохранения земляного полотна от глубокого промерзания. Различают дополнительные слои по назначению: подстилающие, теплоизолирующие и дренирующие.

Подстилающие слои применяют в целях достижения требуемой прочности или морозостойкости дорожной одежды. В первом случае сокращается расход прочных и дорогостоящих материалов, так как можно использовать местные менее прочные материалы (отвалы шлаки, отходы промышленности и пески). Толщину подстилающего слоя определяют из условия, что будет обеспечена заданная прочность всей дорожной одежды. Подстилающий слой укладывают на всю ширину земляного полотна, если преследуют цель одновременно использовать его в качестве дренирующего или только на ширину основания.

Строительство подстилающего слоя состоит из следующих операций:

- подвозка материала на поверхность земляного полотна и его распределение;
- уплотнение слоя.

Толщину слоя назначают в зависимости от используемых средств уплотнения.

УСТРОЙСТВО ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЛОЯ ОСНОВАНИЯ

Теплоизолирующие слои применяют в целях улучшения водно-теплового режима за счёт уменьшения глубины промерзания земляного полотна, чем достигают снижения высоты капиллярного поднятия воды, а, следовательно, уменьшения переувлажнения верхней части земляного полотна. Одновременно со снижением глубины промерзания уменьшается требуемая толщина дорожной одежды, что дает экономию дорожно-строительных материалов. Для теплоизолирующих слоёв применяют как дорожные, так и специальные теплоизолирующие материалы. Специальный материал для теплоизолирующих слоёв должен обладать низкой теплопроводностью, незначительной сжимаемостью, однородностью и малой водо-насыщаемостью (не более 10%). Кроме того, материал должен быть недорогим и несложным в укладке. Такими материалами могут быть:

- полистирол плотностью 30 – 60 кг/м³ и водонасыщением до 10%;
- пено- и газобетон со стальной арматурой;
- пенослой, получаемый путём вспучивания смол, например, полиуретановых или фенолформальдегидных. Для теплоизолирующих слоёв пригодны лёгкие цементобетоны (400 – 450 кг/ м³) с заполнителем из стиропора, керамзита, вспученного полистирола, а также смеси на основе тех же заполнителей, обработанные органическими вяжущими.

Полученную смесь укладывают бетоноукладочными машинами на синтетическую плёнку и уплотняют лёгкими катками. Толщина теплоизолирующих слоёв зависит от используемого теплоизолирующего материала.

Теплоизоляционные слои значительно снижают толщину дорожной одежды и расход материалов. Однако, надо иметь ввиду, что на дорожных одеждах с теплоизолирующими слоями легче возникает и долго держится гололёд. Необходимо также отметить, что поскольку дополнительные слои основания являются связующими между основными слоями дорожной одежды и верхней частью земляного полотна, они должны хорошо сопротивляться сдвигу и обладать достаточной сопротивляемостью растяжению при изгибе.

УСТРОЙСТВО ДРЕНИРУЮЩЕГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО СЛОЯ ОСНОВАНИЯ

На сырых и особенно мокрых участках при пылеватых грунтах земляного полотна нижний слой основания устраивают из фильтрующих материалов,

большой частью из песка. В период оттаивания свободная вода отжимается в пористый слой, выполняющий роль дренирующего слоя. Кроме того, через покрытие и его сопряжение с обочинами в дренирующий слой проникается поверхностная вода.

В тех случаях, когда вся поступающая в дренирующий слой вода может разместиться в его порах, дренирующий слой устраивают по принципу объёмного поглощения. Эти слои располагают только под дорожной одеждой без устройства из них выпусков. После наступления жаркой погоды вода просачивается к грунтовым водам. Дренирующий слой по типу поглощения имеет следующую конструкцию:

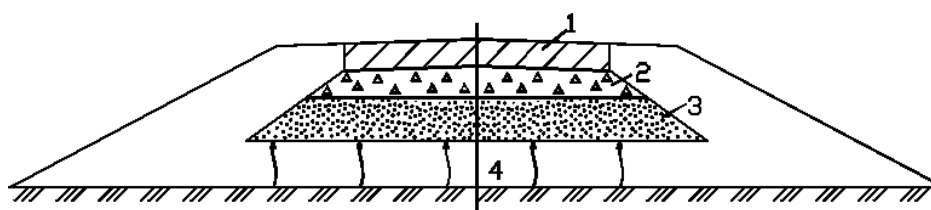


Рисунок: 1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дренирующий слой; 4 – капиллярная вода

Для снижения толщины дренирующего слоя на дорогах I – III категорий устраивают дренирующие слои на всю ширину земляного полотна.

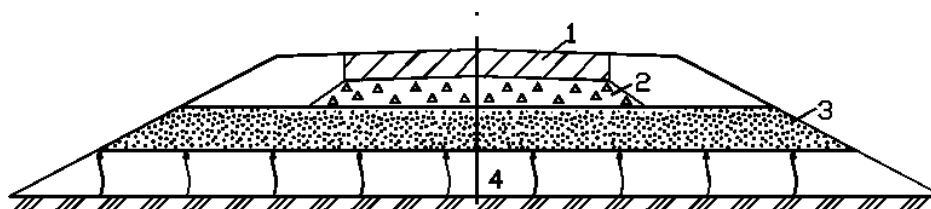


Рисунок: 1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дренирующий слой; 4 – капиллярная вода

Наиболее распространённым материалом для дренирующих слоёв является песок. Чем крупнее песок и меньше в нём пылевато-глинистых частиц, тем выше его фильтрующие и водоотводящие свойства. Для дренирующих слоёв применяют пески с коэффициентом фильтрации не менее 3 м /сут., а также применяют гравий, шлак и щебень. Крупнозернистые материалы особенно целесообразны, потому что они имеют большой модуль упругости и слой из них может дополнительно выполнять роль подстилающего и теплоизолирующего слоёв.

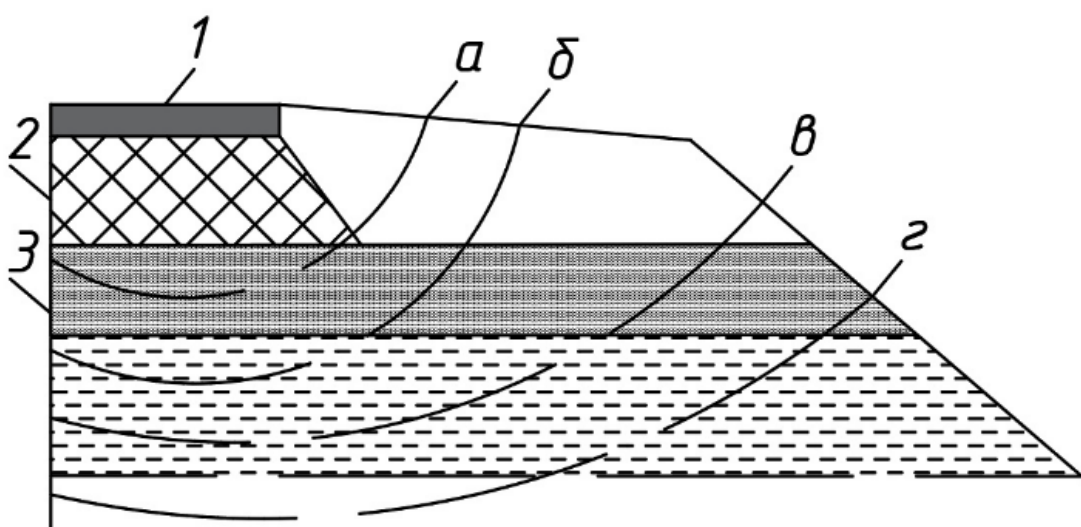
Строительство дренирующих слоёв состоит из следующих рабочих операций:

1. доставка материалов на земляное полотно, его разравнивание и уплотнение. Очень важно достигать наибольшей плотности песка в дренирующем слое во избежание возможных неоднородных по площади просадок дорожной одежды. Требуемую плотность песка определяют по методу стандартного уплотнения. Степень плотности песка в дренирующем слое должна быть равной 1. Чем мельче песок, тем меньше его наибольшая плотность. При уплотнении следят за сохранением в песке оптимальной влажности.

Песчаные дренирующие слои постепенно заиливаются мелкозёмом под действием капиллярного поднятия воды. Возможно также их заиливание сверху при проникновении воды через грунтовую обочину. Заиливание песчаного дренирующего слоя приводит к потере им несущей способности и образованию деформаций на покрытии. Это вызывает необходимость укладывать сверху и снизу песчаных дренирующих слоёв противозаиливающие слои из мелкозернистых топочных шлаков и других подобных материалов.

ОСУШЕНИЕ ДРЕНИРУЮЩЕГО СЛОЯ И ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Дренирующий слой, занимающий всю ширину земляного полотна, в период, когда необходим из него 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 период под обочинами.



На рисунке: 1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дренирующий слой;
а, б, в, г, д – последовательность оттаивания.

Для осушения дренирующего песчаного слоя и верхней части земляного полотна применяют дренажные трубки. Их укладывают вдоль по обоим краям дополнительного слоя основания. В пониженных точках продольного профиля для выпуска воды укладывают поперечные трубки.

Трубы могут быть винил-пластовые, полиэтиленовые и пропиленовые. Также широко применяют гончарные и асбестоцементные. Диаметр труб 8 – 10 см. Трубы укладывают в траншеи шириной 0,2 – 0,4 м, глубиной 0,5 – 0,8 м. Для поступления воды в продольные трубы в нижней своей половине они имеют пропилы шириной до 1 – 3 мм или отверстия диаметром до 7 мм. Пропилы и отверстия располагают так, чтобы в них не попадал песок из дренирующего слоя. Дренажные трубы на всём их протяжении целесообразно обёртывать пористыми синтетическими листовыми полосами, крупнопористым шлаковолокном, фильтровыми тканями. Это значительно повышает производительность, устраняет расход щебёночных материалов. 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 дрен делают поперечные выпуски для сбрасывания воды. Выпуски располагают в местах, где они не будут подвержены подтоплению водой (весенней, болотной и т.п.). Для предохранения от разрушения, а также для облегчения осмотра и очистки выпуски выступают на 0,2 – 0,3 м за пределы откоса земляного полотна. Выпуски дополнительно укрепляют, насадив бетонный или асбестобетонный наконечник большего диаметра.

ЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

ЦЕМЕНТОБЕТОННЫЕ ПОКРЫТИЯ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цементобетонное дорожное покрытие впервые было построено в Англии в 1872 г. Массовое строительство дорог с цементобетонным покрытием началось в США в первой четверти XX в. В СССР начали строить бетонные дороги с начала 50-х годов. Цементобетонные дорожные покрытия имеют ряд преимуществ по сравнению с покрытиями других типов. Прочность материала таких покрытий практически не зависит от изменения температуры окружающей среды и от скорости нагружения при воздействии автомобилей. Бетонные покрытия имеют высокую жёсткость на изгиб, малую величину вертикальных упругих перемещений под нагрузкой, высокую распределяющую способность, т.е. увеличенные размеры чаши прогиба, светлый цвет, высокий,

стабильный во времени и мало зависящий от увлажнения коэффициент сцепления с протектором колеса автомобиля, незначительный износ вследствие истирания.

Наиболее важными достоинствами бетонных покрытий является их высокая прочность (капитальность) и значительные сроки службы) надёжность. В силу перечисленных причин, а также в связи с увеличением в составе движения процента тяжёлых грузовых автомобилей бетонные покрытия находят всё более широкое применение при строительстве автомобильных дорог под интенсивное тяжёлое движение. В ряде случаев из цементобетона строят основания под асфальтобетонные покрытия для обеспечения стабильности их ровности во времени. Важное значение для расширения применения цементобетонных покрытий имеет то обстоятельство, что для производства цемента имеются значительно большие сырьевые ресурсы, чем для производства битума.

К основным недостатками цементобетонного покрытия можно отнести то, что в связи с высоким модулем упругости цементобетона в нем при изменении температуры возникают значительные температурные напряжения, уменьшить которые можно путём создания армированных или неармированных температурных швов. Наличие часто расположенных поперечных швов (в среднем через 5 – 7 м) ухудшает условия движения автомобилей с точки зрения его комфортности.

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Сроки службы и качество бетонных покрытий в значительной степени зависят от свойств применяемого цемента. Для бетона монолитных дорожных покрытий рекомендуется применять портландцемент или портландцемент с добавкой доменного шлака не более 15%. Начало схватывания цемента должно наступать не ранее 2 ч от начала затворения. По механической прочности цемент должен соответствовать маркам 400 и 500. Тонкость помола портландцемента для бетона дорожных покрытий, характеризуемая его удельной площадью поверхности, должна быть не менее 2800 см²/г.

Минеральные материалы, используемые для приготовления цементобетонной смеси, подразделяют на мелкий и крупный заполнители. Мелким заполнителем является природный и искусственный (получаемый в результате дробления каменных материалов) песок. В некоторых случаях целесообразно использовать обогащённый песок, т.е. смесь двух-трёх компонентов песка различной крупности. Очень мелкие пески непригодны для

приготовления бетонной смеси. Природные мелкие пески без обогащения можно применять только для строительства бетонных оснований.

Крупным заполнителем для дорожного бетона является щебень, гравий и доменный шлак. Максимальная крупность заполнителя для покрытия – 40 мм (зёрна размером 5 – 20 и 20 – 40 мм), для основания – 70 мм (зёрна размером 5 – 40 и 40 – 70 мм). Массовая доля зёрен слабых пород в щебне и гравии для бетона покрытий не должна превышать 7%, оснований – 10%. Морозостойкость крупного заполнителя характеризуют числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, которые он способен выдержать в водонасыщенном состоянии при условии, что суммарная потеря в массе зёрен не превышает установленного предела.

ПОДБОР СОСТАВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Важную роль в обеспечении качества строящегося цементобетонного покрытия, а также производительности бетоноукладочных машин имеет рациональный подбор состава дорожного бетона. Подбор состава производят расчётом, а затем уточняют экспериментально. При экспериментальной проверке состава бетона уточняют водо-потребность смеси, количество воздухововлекающей и пластифицирующей добавок ПАВ, коэффициент раздвижки щебня раствором, водоцементное отношение (в/ц). Рабочий расход воды корректируют с учётом фактической влажности заполнителей и концентрации водных растворов ПАВ.

Выбранные в лаборатории составы бетона проверяют в производственных условиях путём пробного бетонирования. После прохода бетоноукладчика оценивают качество уплотнения, отделки поверхности, устойчивость кромок и боковых граней покрытия и при необходимости корректируют дополнительно состав бетонной смеси.

От свойств бетонной смеси во многом зависят ровность покрытия и производительность бетоноукладочных машин. Важно исключить расслаиваемость, обеспечить требуемую подвижность или жёсткость для создания устойчивой кромки при укладке бетонной смеси.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Для приготовления бетонной смеси используют притрассовые передвижные бетонные заводы циклического или непрерывного действия. Производительность завода должна соответствовать принятому темпу

строительства. Притрассовые бетонные заводы нужно размещать с учетом допустимой продолжительности транспортирования бетонной смеси.

Для хранения цемента и минеральных добавок используют типовые сборно-разборные металлические склады силосного типа. Мелкий и крупный заполнители для бетона должны храниться отдельно на площадках с покрытием из монолитного или сборного бетона либо асфальтобетона, исключающих их загрязнение.

При необходимости на бетонном заводе должно быть установлено оборудование для отсева крупного заполнителя на фракции и его промывки, а также ёмкости и оборудование для приготовления и хранения водных растворов двух или трёх химических добавок. Для введения минеральной добавки бетоносмесительную установку оборудуют расходной ёмкостью и весовым дозатором. Дозирование материалов при приготовлении бетонной смеси производят по массе. Воду и растворы химических добавок дозируют по объёму. Исправность работы дозаторов проверяют ежедневно в начале работы. Продолжительность перемешивания устанавливается опытным путём.

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Особенности транспортирования смеси от ЦБЗ к месту укладки обусловлены необходимостью обеспечения равномерного темпа работы бетоноукладочных машин. Количество транспортных средств назначают с учётом состояния путей подвоза и постоянно меняющейся дальности возки. На место укладки смесь должна поступать требуемой подвижности. При отсутствии битумовозов, где смесь может перемешиваться смесь перевозят самосвалами. В этом случае кузова должны быть водонепроницаемыми с гладкими днищами. После выгрузки бетонной смеси кузова промывают водой.

КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Дорожные одежды с конструктивными слоями из цементобетона относятся к жёсткому типу. Жёсткие дорожные одежды являются наиболее капитальными и применяются при наличии тяжёлого и интенсивного движения автомобилей. Конструкции жёстких покрытий и оснований принято квалифицировать по следующим признакам:

1. технологии строительства (монолитные, сборные, сборно-монолитные);
2. числу слоёв (одно- и двухслойные);
3. наличием и виду арматуры (неармированные, армированные, армо-железобетонные, непрерывно армированные);

4. виду бетона (из тяжёлого бетона);
5. напряжённому состоянию (обычные, предварительно напряжённые)
6. виду цемента (на обычном портландцементе, на напрягающем цементе);
7. способу уплотнения (из вибрированного, трамбованного, литого и укатываемого тощего бетона).

Дорожные одежды с монолитными цементобетонными покрытиями являются основной разновидностью конструкций жёстких одежд и устраиваются на дорогах I, II, иногда и III категории. Поперечные профили дорог с монолитными цементобетонными покрытиями могут быть такими:

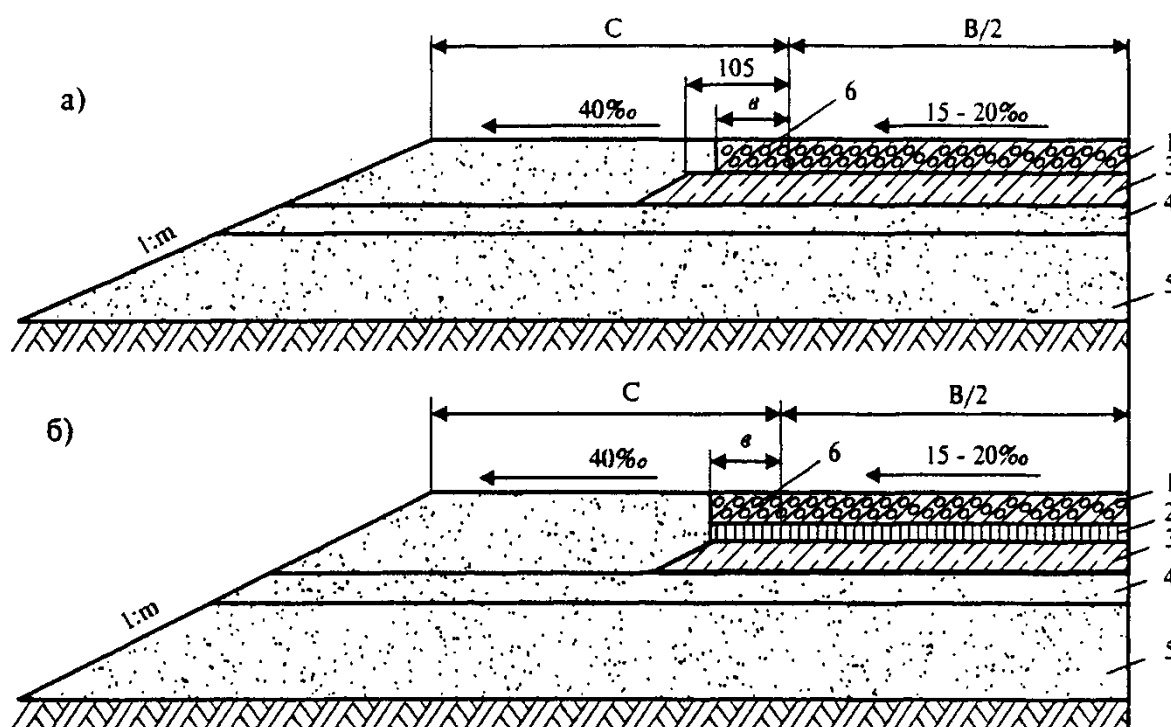


Рисунок: а – без выравнивающего слоя; б – с выравнивающим слоем.

1- Покрытие; 2 – выравнивающий слой; 3 – основание щебёночное, гравийное или грунт, укреплённый вяжущим); 4 – дополнительный слой основания; 5 – земляное полотно; 6 – укрепительная полоса.

Толщину плит покрытия и толщину всех конструктивных элементов рассчитывают при проектировании. В зависимости от категории дороги и расчётной интенсивности движения толщина покрытия назначается 18 – 24 см.

Выравнивающий слой выравнивает неровности основания и уменьшает напряжения от коробления плит покрытия. Для выравнивания пригоден песок, обработанный битумом (слоем 3 см), или необработанный песок (слоем 5 см).

Основания цементобетонных покрытий предназначены для стабильной работы покрытия. Они уменьшают давление на грунт земляного полотна от

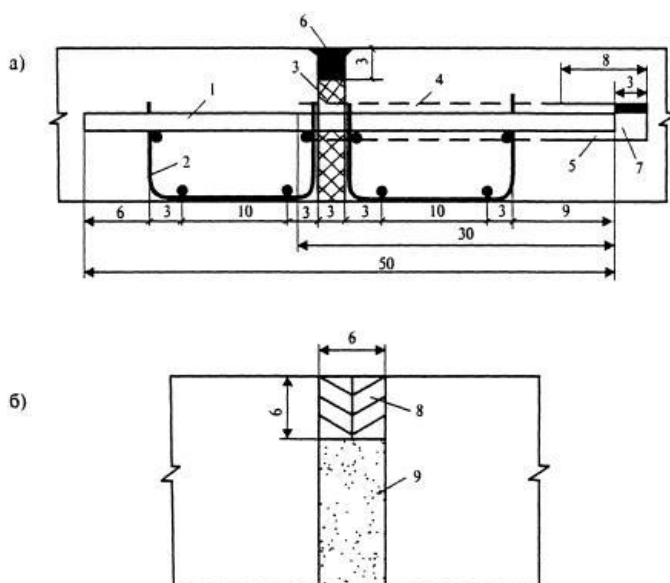
транспортной нагрузки и от коробления плит покрытия. Основания для цементобетонных покрытий на дорогах I-II категории строят из щебёночных, гравийных и гравийно-песчаных материалов, укрепленных цементов или гранулированным доменным шлаком с негашеной известью, а также из песка и супесей, укрепленных цементом. На дорогах II и III категории строят основания из грунта, укрепленного органическим вяжущим, а также из щебня или шлака. Толщину основания также рассчитывают.

Дополнительный слой основания строят из морозостойких и дренирующих материалов. Толщину морозостойкого песчаного слоя рассчитывают исходя из условий ограничения неравномерных деформаций морозного пучения цементобетонного покрытия.

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ

Для уменьшения напряжений, возникающих при сезонных и суточных изменениях температуры воздуха, в цементобетонных покрытиях устраивают температурные швы расширения, сжатия, коробления, продольные и рабочие.

Швы расширения обеспечивают возможность температурного удлинения плит, возникающего при температуре воздуха, превышающей ту, при которой строилось покрытие. Длина плиты увеличивается пропорционально коэффициенту температурного расширения бетона и зависит от разности температур покрытия в данный период времени и в момент укладки. В швах расширения покрытие разрезают по всей ширине и на всю толщину, устанавливают прокладки из дерева, резины и других материалов способных ужиматься. Верхнюю часть швов расширения заполняют водонепроницаемыми материалами (мастиками, герметиками и т.п.).



На рисунке типовые конструкции поперечных швов расширения(размеры в см):

- а – на обычных участках; б – перед искусственными сооружениями;
1 – штыри; 2 – каркас корзинка из арматуры диаметром не менее 4 мм;
2 – упругая прокладка (сосновая, еловая или из других материалов);
3 – мастика; 5 – битумная обмазка; 6 – полиэтиленовый колпачок;
7 – зазор; 8 – герметизирующий материал или резиновая прокладка;
9 – пористый легкосжимаемый материал (листовой полистирол).

Швы сжатия допускают укорочение плит цементобетонного покрытия, возникающие, когда температура воздуха ниже температуры, при которой производили строительство покрытия. При сокращении длины плиты силы трения между покрытием и основанием вызывают растягивающие напряжения в цементобетонном покрытии. Шва сжатия позволяют уменьшать эти напряжения и связанную с этим вероятность появления поперечных трещин между двумя швами сжатия. В швах сжатия покрытие разрезают по всей ширине на глубину не менее $\frac{1}{4}$ толщины; ниже этой прорези в последующем возникает трещина. Верхнюю часть швов сжатия заполняют водонепроницаемым материалом.



Продольные швы.

Швы в продольном направлении устраивают при покрытии шире 4,5 м. Они допускают возможность температурного коробления плит в поперечном направлении и снижают вероятность появления продольных трещин.

Конструкция продольных швов аналогична швам сжатия.

Обмазку штырей битумом в продольных швах не делают.

Рабочие швы (по типу швов сжатия) устраивают при вынужденных перерывах бетонирования.

Поперечные и продольные швы армируют для частичной передачи нагрузки с плиты на плиту и исключения образования ступени у шва при проезде автомобилей. Как показано на рисунках для исключения сцепления участка анкера с бетоном, этот участок покрывают битумом слоем 0,2 – 0,3 мм.

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО НЕНАПРЯЖЕННОГО БЕТОНА

Перечень рабочих операций при строительстве покрытий из монолитного ненапряженного бетона следующий:

1. Установка копировальных струн;
2. Профилирование земляного полотна;
3. Подвозка песка для нижней части дополнительного слоя основания;
4. Подвозка грунта для обочин;
5. Распределение песка по поверхности земляного полотна профилировщиком;
6. Распределение грунта по обочинам бульдозером;
7. Уплотнение грунта на обочинах пневмоколёсным катком;
8. Увлажнение песка на поверхности земляного полотна;
9. Уплотнение песка дополнительного слоя основания пневмоколесным катком;
10. Подвозка грунта для обочин с выгрузкой у подошвы земляного полотна;
11. Надвижка грунта на обочины бульдозером;
12. Подвозка песка для верхней части дополнительного слоя основания и его распределение распределителем;
13. Уплотнение грунта на обочинах;
14. Увлажнение песка верхнего слоя дополнительного основания и его уплотнение;
15. Подвозка грунта для обочин, выгрузка, надвижка и уплотнение;
16. Подвозка цементогрунтовой смеси для основания;
17. Распределение цементогрунтовой смеси распределителем;
18. Уплотнение цементогрунтового основания пневмоколёсными катками;
19. Чистовое профилирование цементогрунтового основания распределителем;
20. Распределение битумной эмульсии;
21. Подвозка цементобетонной смеси;
22. Распределение и уплотнение бетонной смеси укладчиком, отделка поверхности покрытия финишером, устройство шероховатой поверхности и уход за покрытием;
23. Нарезка контрольных швов нарезчиком;
24. Нарезка швов сжатия;
25. Нарезка продольного шва;

- 26.Заливка швов заливщиком;
- 27.Подвозка щебня для укрепления обочин;
- 28.Распределение щебня на обочинах;
- 29.Увлажнение и уплотнение щебня на обочинах пневмоколесными катками;
- 30.Исправление откосов земляного полотна и удаление временных съездов (въездов) бульдозером;
- 31.Перемещение растительного грунта из валов на откосы земляного полотна бульдозером;
- 32.Гидропосев трав на откосах земляного полотна;
- 33.Разметка проезжей части аркировочной машиной.

Представленный перечень работ выполняют в 4 потока:

- Первый поток выполняет подготовку земляного полотна, строительство песчаного дополнительного слоя основания и цементогрунтового основания;
- Второй поток приступает к работе после технологического разрыва в 7 суток. Он выполняет строительство цементобетонного покрытия;
- Третий поток приступает к работе после технологического перерыва в 28 суток. Он выполняет строительство укрепительных полос.
- После 7 суток приступает к работе четвертый поток. Он строит щебеночное покрытие на обочинах, планирует и укрепляет откосы земляного полотна.

СТРОИТЕЛЬСТВО МОНОЛИТНЫХ АРМОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Армированные покрытия применяют на отдельных участках дорог I и II категорий, например, на подходах к городам при интенсивности движения 10 000 авт./сут., на высоких насыпях и других участках, где трудно обеспечить стабильность земляного полотна. Расчёт арматуры производят из условия раскрытия трещин шириной не более 0,2 мм. При строительстве монолитных армированных покрытий распределение и уплотнение бетонной смеси, а также отделка поверхности покрытия выполняются аналогично технологии строительства монолитных бетонных покрытий. Армирование покрытий производят сварными сетками заводского изготовления. Допускается изготовление сетки 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 расстояние не менее 25 см. Между осями продольных стержней расстояние должно быть 10 – 20 см. Сетка в диаметром до 8 мм должна устанавливаться в проектное положение в процессе

бетонирования с помощью вибропогружателя. Сетки с диаметром арматуры более 8 мм следует устанавливать в рабочее положение до бетонирования, закрепляя их на основании.

СТРОИТЕЛЬСТВО БЕТОННЫХ НЕПРЕРЫВНО АРМИРОВАННЫХ ПОКРЫТИЙ

Одной из наиболее перспективных конструкций являются бесшовные непрерывно армированные покрытия. Исключение температурных швов в данном случае основано на введение в бетонное покрытие определённого количества арматуры. Продольная арматура сдерживает температурные и усадочные деформации, ограничивая тем самым ширину раскрытия трещин в бетоне. Покрытие будет прочным, если трещины в бетоне будут невидимы, водонепроницаемы, если они не будут вызывать коррозию арматуры, а нагрузка в районе трещины передаётся за счёт силы трения бетона в этой трещине. Эти требования удовлетворяются, если раскрытие трещин на поверхности бетона не превышает 0,4 – 0,5 мм.

Конструирование непрерывно армированных покрытий производят из условий обеспечения их равнопрочности, снижения толщины бетона покрытия, обеспечения высокой технологичности строительства.

Строительство непрерывно армированных покрытий производят по двум схемам:

1. с предварительной установкой арматурных сеток на основании;
2. с вибропогружением сетки в проектное положение после распределения бетонной смеси.

В первом случае сетки изготавливают из арматуры диаметром не менее 12 мм, что при расстоянии между арматурными стержнями не менее 80 мм позволяет вести бетонирование. Поперечные стыки смежных сеток должны располагаться в разбежку с шагом не менее 50 см.

Плоские арматурные сетки размером 2х6 м и массой около 150 кг изготавливают на заводе, доставляют на объект автомобилями и складывают в виде штабелей с таким расчётом, чтобы с одной стоянки крана можно было уложить два штабеля. Сетки укладывают на треугольные подкладки высотой 9 см, сваренные из арматурных стержней диаметром 8 – 10 мм. Расстояние между подкладками в зависимости от диаметра непрерывной арматуры и гибкости сеток колеблется от 1,2 до 1,5 м. Непрерывность армирования достигается за

счёт укладки арматурных сеток внахлестку в продольном и поперечном направлениях на расстоянии, равном соответственно 30 – 35 и 20 диаметров стержней.

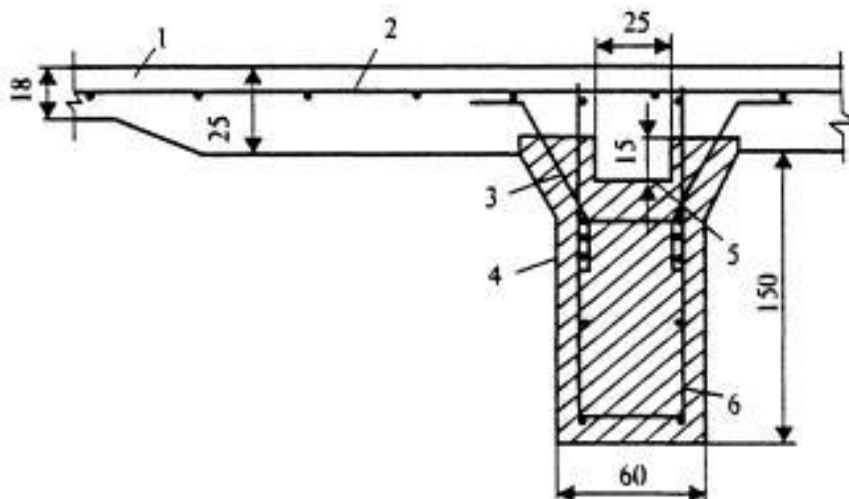
При второй схеме армирования применяется рулонная сетка, которая погружается в бетонную смесь погружателем арматуры. Непрерывно армированные покрытия устраивают неограниченной длины и прерывают их только перед искусственными сооружениями (мостами, путепроводами). Концевые участки покрытия закрепляют неподвижными упорами свайного или траншейного типа.

Строительство концевых упоров начинают после устройства песчаного подстилающего слоя, но до устройства верхнего слоя основания.

Анкеры траншейного типа устраивают в такой последовательности:

- открытие траншеи экскаватором;
- установка в траншеях арматурного каркаса;
- укладка и уплотнение бетонной смеси;
- отделка верхней поверхности бетонных шпор.

Верхняя часть бетонной шпоры устраивается по типу шпунта. Арматурные каркасы имеют выпуски, свариваемые в последующем с непрерывной арматурой покрытия.



На рисунке – деталь сопряжения анкера с арматурой покрытия:

- 1 – бесшовное покрытие; 2 – непрерывная арматура; 3 – дополнительные каркасные выпуски; 4 – бетонная шпора; 5 – продольный паз в шпоре; 6 – арматурный каркас.

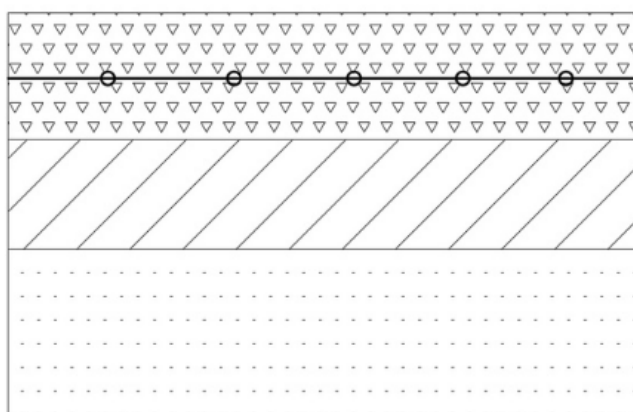
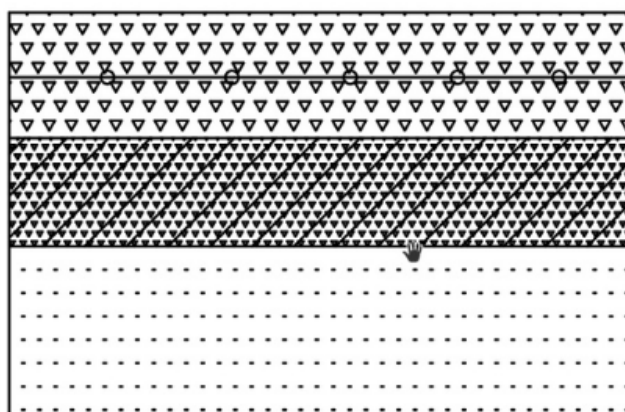
Бетонирование анкеров траншейного типа производят без устройства опалубки.

Анкеры свайного типа устраивают из железобетонных забивных или буровых свай. Верхние концы свай заделывают в покрытие не менее, чем на

толщину сваи. Заделку осуществляют с помощью выпусков продольной арматуры сваи, которая сваривается с непрерывной арматурой покрытия.

При правильном расчёте непрерывно армированные бетонные покрытия служат 10 лет без каких-либо заметных деформаций. Расчётом необходимо обеспечить отсутствия сдвигов между бетоном и арматурой, а также между бетоном покрытия и основанием. Распределение усилий между бетоном, арматурой и основанием осуществляется за счёт сцепления бетона с арматурой, а также трения и сцепления между покрытием и основанием. С учётом этих положений конструкции покрытий разработаны таким образом, чтобы они отвечали всем требованиям по прочности, выносливости и эксплуатационным качествам при наименьшей толщине покрытия и наименьшем расходе арматуры. Некоторые из таких конструкций:

- цементобетон $h = 16 - 20$ см,
- цементопесчаная смесь $h = 10 - 14$ см,
- песок $h = 35$ см



- арматурная сетка;
- цементобетон $h = 12$ см;
- тощий бетон $h = 15 - 18$ см;
- песок $h = 35$ см.

УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ МЕТОДОМ СРАЩИВАНИЯ СЛОЁВ

При устройстве бетонного покрытия в процессе погружения штырей в свежееуложенный бетон для армирования деформационных швов, в бетоне могут оставаться пустоты и поры, что впоследствии приводит к разрушению покрытия. Этого можно избежать устройством покрытия в два слоя методом сращивания слоёв. Слои укладываются сразу один за другим. Укладка производится двумя бетоноукладчиками, один из которых оборудован перегружателем бетона. При устройстве нижнего слоя асфальтобетонная смесь выгружается непосредственно перед бетоноукладчиком. При устройстве верхнего слоя смесь экскаватором загружается в специальный бункер, которым оборудован бетоноукладчик нижнего слоя. Далее через перегружатель смесь из бункера подаётся на укладчик верхнего слоя.

Для уплотнения нижнего слоя используются высокочастотные глубинные вибраторы, находящиеся на укладчике нижнего слоя. Этот укладчик также оборудован механизмом погружения штырей для армирования деформационных швов.

Финишную отделку, нанесение шероховатости, распределение плёнообразующего материала выполняет оборудование, находящееся на укладчике верхнего слоя. Одна из возможных конструкций покрытия при использовании метода сращивания слоёв следующая:

- ▶ верхний слой покрытия – 6 см;
- ▶ нижний слой покрытия – 18 см;
- ▶ асфальтобетонная прослойка – 4 см;
- ▶ тощий бетон (В 7,5) – 14 см;
- ▶ щебёночная смесь оптимального состава (ЩОС) – 24 см.

Работы выполняются в следующей последовательности:

1. подготовительные работы;
2. установка копирных струн или наладка 3Д системы нивелирования;
3. подготовка рабочего шва и устройство начального участка;
4. укладка бетонной смеси (доставка смеси, её распределение, формирование и уплотнение слоёв покрытия, армирование деформационных швов, окончательная отделка поверхности верхнего слоя покрытия);
5. нанесение искусственной шероховатости и плёнообразующего материала;

б. заключительные работы.

УСТРОЙСТВО МОНОЛИТНОГО ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ С ОГОЛЁННЫМ КРУПНЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ (ТЕХНОЛОГИЯ «МЫТЫЙ БЕТОН»)

Сразу после отделки верхнего слоя приступают к уходу за бетоном. При технологии «мытый бетон» вместо обычного придания фактуры свежееуложенному бетону (нанесение искусственной шероховатости, нанесение плёнкообразующего материала) на поверхность наносят замедлитель твердения, который также является первой защитой от высыхания бетона. Замедлитель схватывания замедляет твердение верхнего слоя бетона в то время, как находящийся под ним слой твердеет и формирует свою обычную структуру. При достижении прочности верхнего слоя 2,5 – 3 МПа производится механическая зачистка металлическими щётками поверхности с последующим сметанием отделившихся мелких частиц. В результате происходит оголение крупного заполнителя, и поверхность приобретает шероховатость. После описанной процедуры наносят обычный плёнкообразующий материал, и бетон продолжает набирать прочность.

Устроенная таким способом поверхность имеет одинаковую во всех направлениях шероховатость, обладающую хорошими фрикционными и светотехническими характеристиками.

УХОД ЗА СВЕЖЕУЛОЖЕННЫМ БЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Мероприятия по уходу за свежееуложенным бетоном следует начинать сразу после отделки его поверхности, если устройство деформационных швов производится не в свежееуложенном бетоне. В противном случае уход следует начинать после устройства деформационных швов. Продолжительность ухода за бетоном длится до набора им проектной прочности (т.е. не менее 28 сут.). Основной этап ухода за бетоном должен осуществляться с применением плёнкообразующих материалов. Ему может предшествовать предварительный этап, выполняемый с применением паронепроницаемых плёнок. Предварительный уход за бетоном является обязательным если:

- работы производятся в сухую и жаркую погоду (температура воздуха выше 25° С, а его относительная влажность менее 50%);
- нанесение плёнкообразующего материала на поверхность бетона задерживается более чем на 20 мин.;
- выпадают осадки.

Для непрерывности ухода за бетоном предварительный этап заканчивается непосредственно перед началом основного этапа. Момент нанесения плёнкообразующего материала разрешается определять по отсутствию влаги на ладони при прикосновении к бетону, когда блестящая влажная поверхность последнего становится матовой. Это зависит от температуры воздуха, его влажности и скорости ветра.

Плёнкообразующий материал наносят следующим образом:

- при использовании комплекта машин многосопловым распределителем;
- при использовании малых укладчиков со скользящими формами – малогабаритным распределителем с приводной тележкой.

Допускается нанесение плёнкообразующего материала краскопультотом.

Если максимальная температура воздуха в течение дня превысит 25°C , необходимо:

- ◆ повысить норму расхода плёнкообразующих материалов;
- ◆ наносить плёнкообразующие материалы в два слоя с интервалом 20 – 30 мин.

Боковые поверхности покрытия следует покрывать плёнкообразующим материалом после завершения операций по его отделке.

При нарезке швов в затвердевшем бетоне места, где плёнка оказалась нарушенной, следует немедленно обработать плёнкообразующим материалом с помощью малогабаритного распределителя.

НАРЕЗКА И ГЕРМЕТИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ

Швы в затвердевшем бетоне нарезают при достижении им прочности 8 – 10 МПа нарезчиками швов с алмазными дисками. Герметизация швов в цементобетонном покрытии включает следующие операции:

- ▲ продувка сжатым воздухом (при влажном бетоне продувают горячим воздухом);
- ▲ запрессовка уплотнительного шнура;
- ▲ обработка стенок шва праймером;
- ▲ герметизация.

Для герметизации швов всех видов используют герметики холодного или горячего применения. Герметики холодного применения созданы на основе синтетических каучуков и, как правило, состоят из пасты и отвердителя. Эти герметики наносят с помощью пневмошприцов и заливщиков для двух компонентных герметиков.

Герметизирующие материалы горячего применения включают битумы нефтяные, дроблёную 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. В ёмкости для разогрева мастики смонтирована установка принудительного перемешивания. Разогретую до нужной температуры мастику подают через сливной шланг с помощью нагнетательного насоса непосредственно в шов.

В последующие годы для герметизации швов стали использовать технологию закатки в щов 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.

СТРОИТЕЛЬСТВО ПОКРЫТИЙ ИЗ УКАТЫВАЕМЫХ БЕТОНОВ

Отличительными особенностями применения жёстких 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, низкая трудоёмкость работ, высокая экономическая эффективность. Состав укатываемого бетона подбирают общепринятыми методами: с расчётом состава смеси по методу «абсолютных объёмов» и последующим экспериментальным уточнением состава. Состав подбирают по требуемой прочности бетона на растяжение, при изгибе с последующей проверкой прочности бетона на сжатие и морозостойкость.

Приготовление жёсткой бетонной смеси осуществляют на заводе в смесителях принудительного перемешивания циклического или непрерывного действия. Укладку смеси производят бетоноукладчиками, асфальтоукладчиками, а также автогрейдером или бульдозером.

Прочность укатываемого бетона в значительной степени зависит от качества его уплотнения вибрационными катками. Порядок уплотнения следующий: сначала вибрационный каток делает 1 – 2 прохода без вибрации, чтобы не нарушать качество ровной поверхности бетона, затем 6 – 8 проходов с вибрацией. Заключительное уплотнение производят без вибрации за 1 – 2 прохода.

В практике строительства дорог укатываемый бетон в достаточно больших объёмах был применён при строительстве МКАД-2 вокруг г. Минска.

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА

Строительство бетонных покрытий при пониженной температуре воздуха (ниже 5° С) осуществляют для продления строительного сезона. Эти работы требуют дополнительных затрат и должны быть обоснованы. В холодных условиях затруднительно обеспечивать качество поверхностного слоя бетона в покрытии. В связи с этим при отрицательной температуре воздуха (но не ниже -10°С) осуществляют преимущественно строительство бетонных оснований. Обеспечение твердения бетона, уложенного при отрицательной температуре, возможно двумя основными методами:

- путём поддержания в твердеющем бетоне положительной температуры, т.е. выдерживания бетона по методу термоса;

- путём снижения температуры замерзания воды затворения благодаря введению противоморозных добавок, т.е. применение так называемого холодного бетона.

При большой вытянутости дорожной конструкции применение метода «термоса» экономически не всегда целесообразно. Поэтому основным методом строительства монолитных бетонных покрытий и оснований при отрицательной температуре является применение бетона с противоморозными добавками, т.е. способ холодного бетона. В качестве противоморозных добавок в настоящее время, кроме хлористых солей (хлористого натрия и хлористого кальция) применяют азотнокислые соли (нитрат кальция, нитрат натрия и др.). Рекомендуемые дозировки противоморозных добавок в зависимости от температуры воздуха, при которой ведут строительство составляют от 3 до 10% от массы цемента.

Общие правила бетонных работ, выполняемых в холодный период, сводятся к следующему. Земляное полотно и основание под бетонное покрытие устраивают летом, а перед бетонированием поверхность основания очищают от снега и льда. Выравнивающий слой устраивают из талого песка непосредственно перед укладкой бетона. ЦБЗ и запасы крупного и мелкого заполнителей подготавливают к зимним работам: утепляют, снабжают ёмкостями для противоморозных и воздухововлекающих добавок. Песок для бетонной смеси применяют в рыхлом состоянии, а щебень – без смёрзшихся комьев. При перевозке смеси самосвалами кузов утепляют. Дальность возки должна быть минимальной. При снегопаде бетонные работы не производят.

Зимние работы ведут при тщательном контроле температуры и набора прочности бетоном. Замораживание бетона допускаю после набора им прочности 50%.

СТРОИТЕЛЬСТВО СБОРНЫХ БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Сборные бетонные покрытия устраивают из заранее изготовленных плит, которые изготавливают на заводах железобетонных изделий. Стандартный размер плит 2х6 м. Преимуществом таких покрытий является то, что их можно устраивать в любое время года. Плиты изготавливают на заводах с соблюдением всех необходимых условий, и они обладают гораздо лучшим качеством по сравнению с плитами при устройстве монолитных покрытий на дороге.

От качества укладки плит на подготовленное основание зависят транспортные качества готового покрытия, в первую очередь его ровность. К технологии производства работ по укладке плит предъявляют следующие требования:

- каждая плита должна опираться всей нижней поверхностью на основание;
- поверхность покрытия должна быть ровной;
- должны быть обеспечены заданные поперечный и продольный уклоны;
- должна быть обеспечена проектная ширина стыковых швов.

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 стандартной, влажность – не превышать оптимальную.

В большинстве случаев укладку плит производят с помощью самоходных стреловых кранов. Грузоподъёмность крана должна соответствовать массе одной плиты с запасом 20 – 40%. Автомобильные краны в процессе монтажа плит обычно размещаются на уложенной части покрытия. Различают две технологии укладки плит: «с колёс» или из штабелей, расположенных на обочинах.

Для уменьшения количества поперечных швов плиты укладывают большей стороной вдоль оси дороги. В первую очередь укладывают плиты, примыкающие к оси покрытия, а затем крайние. После укладки одного полного поперечного ряда кран продвигается вперёд по только что уложенным плитам. Для повышения производительности труда при монтаже плит целесообразно применять краны повышенной грузоподъёмности и с удлинённой стрелой, что

позволяет с одной стоянки укладывать два – три поперечных ряда плит. Также для повышения производительности краны оснащают специальными захватами, с помощью которых обеспечивают горизонтальное положение плиты в момент опускания её на основание. Применяют также на кранах вакуум-захватное оборудование, которое позволяет быстро захватить и отпустить плиту.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

В процессе строительства ведут непрерывный контроль всех элементов дорожной одежды. Отряд по строительству цементобетонного покрытия оценивает качество основания (ровность и плотность), на которое укладывают покрытие, а также качество доставляемой смеси, и в порядке самоконтроля качество её укладки. Основные свойства цемента проверяют при поступлении каждой партии и при длительном его хранении (через каждый месяц после поступления). Влажность песка и крупного заполнителя проверяют после каждого дождя и 1 раз в смену вместе с определением его зернового состава, модуля крупности и содержания пыли и глины. Также 1 раз в смену проверяют правильность расхода и концентрации ПАВ. На основе этих данных ежедневно устанавливают рабочий состав бетона. Качество бетонной смеси обеспечивает состояние смесителей и их дозирующих устройств, поэтому 1 раз в месяц проводят контрольные проверки дозаторов. Кроме того их осматривают не реже 2 раза в смену. Мокрый рассев смеси проводят 1 раз в 2 дня.

Морозостойкость бетона определяют перед началом работ при проектировании состава цементобетонной смеси.

В целом контроль качества проводят инженерный состав, руководящий работами, и сотрудники лаборатории. Контролю подлежат:

- ▲ качество построенного основания;
- ▲ качество исходных материалов;
- ▲ точность дозирования компонентов бетонной смеси;
- ▲ концентрация рабочих растворов химических добавок;
- ▲ правильность хранения материалов;
- ▲ однородность и подвижность приготовленной смеси;
- ▲ объём вовлечённого воздуха;
- ▲ соответствие прочности и морозостойкости бетона заданной марке;

- ▲ соблюдения технологических режимов приготовления бетонной смеси, бетонирования и отделки покрытия;
- ▲ правильность проведения работ по уходу за бетоном, а также герметизации деформационных швов;
- ▲ толщину и ширину покрытия и др.

Контроль качества строительства сборных покрытий осуществляют путём проверки геометрических размеров, внешнего вида и качества поверхности плит. Контрольную проверку контактирования плит с основанием проводят перед сваркой ствечковых скоб поднятием одной из ста уложенных плит, но не реже 1 раза в смену. Превышение граней смежных плит сборного покрытия проверяют в трёх поперечниках на 1 км. Также проверяют качество заполнения швов герметизирующими материалами.

РАЗВИТИЕ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

До 1960-х годов преобладал способ укладки бетона в опалубке из инвентарных рельс - форм, устанавливаемых под нивелир, закрепляемых на основании штырями и одновременно образующих два рельсовых пути для движения машин бетоноукладочного комплекса. Недостатки этого способа: трудоёмкость установки, снятия и перевозки рельс - форм. В тоже время метод позволял гарантировать

- уплотнение бетонной смеси и отделку поверхности покрытия за счёт дополнительных проходов бетоноотделочной машины;
- обеспечить постоянство толщины бетонного покрытия за счёт применения профилировщика основания, движущегося по рельс - формам и готовящего основание под отметки, равноудалённое от головок рельс - форм;
- применять бетонные смеси различной консистенции.

Работам по установке рельс – форм предшествовала инструментальная разбивка и закрепление в натуре оси покрытия и его вертикальных отметок. Установку рельс – форм сначала ведут по одной кромке, где по результатам геодезической разбивки выставлены вертикальные отметки и зафиксировано положение кромки в плане. Когда одна нитка звеньев установлена с помощью шаблонов и уровня монтируют вторую нитку рельс – форм. В комплект машин, перемещающихся по рельс – формам, входят машины, осуществляющие распределение, уплотнение и отделку бетона. Кроме того, в комплект входят

машины для устройства деформационных швов, нанесения плёнкообразующих материалов для ухода за бетоном, монтажа и демонтажа рельс – форм.

Установку арматуры, как и установку закладных деталей швов осуществляют до начала или в процессе бетонирования. Первый в СССР комплект рельсовых машин, созданный в 1947 г., состоял из самоходного бункерного распределителя бетонной смеси с боковой загрузкой, самоходной бетоноотделочной машины и мостика для нарезки швов виброножами.

В 1957 г. николаевским заводом «Дормашина» был изготовлен новый комплект самоходных рельсовых бетоноукладочных машин, который состоял из профилировщика основания, бункерного распределителя, бетоноотделочной машины, машины для устройства швов, нарезчика швов в затвердевшем бетоне. Все машины передвигались по облегчённым конструкциям рельс – форм.

Необходимость увеличения темпов укладки цементобетонных покрытий, повышения их качества и ровности привела к созданию в 1970 г. Нового гидрофицированного комплекта машин, в состав которого входили профилировщик, шнековый бетонораспределитель и бетоноотделочная машина.

В настоящее время применяют технологию укладки цементобетонных покрытий в скользящих формах. Идея безрельсовой укладки дорожного бетона появилась в США. В 1948 г. были проведены первые опыты по строительству цементобетонных покрытий в подвижной опалубке. Серийно начали выпускать такие машины с 1955 г. в СССР с 1975 года начали выпускать комплект бетоноукладочных машин со скользящими формами. Ведущими производителями бетоноукладочной техники сегодня являются фирмы Gomaco (США), Wirtgen (Германия) и др. Все фирмы выпускают бетоноукладчики малого, среднего и большого класса с шириной укладки соответственно 6, 12 и 16 м. Бетоноукладчики современных моделей имеют возможность изменения ширины бетонирования в широких пределах, что обеспечивает универсальность их применения для различных условий строительства. Все модели современных бетоноукладчиков оснащаются автоматическими системами выдерживания курса и уровня, а некоторые – системой стабилизации поперечного уклона, что позволяет укладывать цементобетонное покрытие с высокой ровностью. В качестве базы для работы автоматической системы используется в основном копирная струна с вынесенными на неё проектными отметками продольного профиля. Копирные струны устанавливаются с двух сторон. Струну закрепляют в кронштейнах на стойках, располагаемых через 4...6 м на кривых и через 15 м на прямых участках дороги. Копирные струны натягивают с помощью барабанов.

В последнее время использование лазерного контроля обеспечения высотного уровня и курса движения бетоноукладчика, а также применение системы глобального позиционирования GPS или ГЛОНАСС позволяют отказаться от трудоёмкой операции по установке копирных струн.

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.

Также на бетоноукладчики устанавливают оборудование для армирования поперечных и продольных швов, а также боковой грани покрытия.

Система для армирования поперечных швов позволяет автоматически устанавливать штыри в процессе укладки покрытия и отказаться от технологии, предусматривающей размещение штырей на основании в специальных корзинках перед укладкой бетона.

Ряд моделей бетоноукладчиков позволяет реализовать принципиально отличную от общепринятой технологии 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 подаётся транспортёром в заднюю часть укладчика, где также установлены распределяющие, дозирующие, уплотняющие и формирующие рабочие органы.

В 2014 г. в Беларуси было возобновлено строительство автомобильных дорог с цементобетонным покрытием. Первым крупным объектом стала МКАД-2, на которой построено 80 км цементобетонных покрытий с использованием современных бетоноукладчиков и новых конструкций дорожной одежды.

НЕЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ ДОРОЖНЫЕ ПОКРЫТИЯ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Первые асфальтобетонные покрытия были построены в Вавилоне за 600 лет до новой эры. Битумы этих покрытий добывали из естественных асфальтовых горных пород. Строительство покрытий с применением битумных природных материалов возобновилось только в XIX веке. В Западной Европе, а

затем и в США строили покрытия из измельчённых в порошок битумосодержащих горных пород. Эти покрытия по способу их уплотнения получили название «трамбованный асфальт». В России дорожные покрытия с применением природных асфальтовых дорог начали строить в 1869 г. В отличие от трамбованного асфальта покрытия делали из расплавленных смесей, содержащих минеральные материалы (гравий и песок), асфальтовую породу и природный битум. Смесью распределяли по основанию и разравнивали вручную, придавливая гладилками, что было достаточно для её уплотнения. Этот материал получил название «литого асфальта». В 1906 г. в литых смесях вместо природных стали применять нефтяные битумы.

В начале XX столетия стали строить асфальтобетонные покрытия, которые вытеснили покрытия из трамбованного и литого асфальта. Основные достоинства асфальтобетонных покрытий состояли в том, что все работы по приготовлению смесей, их укладке и уплотнению были механизированы, а подбор смесей получил теоретическое обоснование. Первый участок асфальтобетонного покрытия в России был построен в 1929 г. В настоящее время более 60% дорог имеют асфальтобетонное покрытие. Они также получили широкое применение на улицах городов и населённых пунктов.

Асфальтобетонные покрытия имеют ряд положительных свойств:

- медленное изнашивание под действием транспорта;
- сравнительно высокая прочность и устойчивость к воздействию климатических факторов и воды;
- не пылят и легко очищаются от пыли и грязи;
- лёгкость ремонта и усиления покрытия с возможностью использования старого материала.

Пониженная вибрация автомобилей при движении способствует спокойному движению, а свойство этого материала поглощать шум от колёс уменьшает шум в городах и населённых пунктах. Асфальтобетонные покрытия укладывают на дорогах с продольным уклоном до 60‰. При уклонах более 40‰ и на опасных участках покрытия устраивают шероховатыми для обеспечения коэффициента сцепления. Поперечный уклон асфальтобетонных покрытий делают 15 - 20‰.

Для устройства асфальтобетонных покрытий используют горячие, тёплые, холодные и литые смеси, а также специальные для устройства цветного асфальтобетонного покрытия.

РАБОТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Асфальтобетон представляет собой сложный строительный материал. Его свойства находятся в зависимости от разнообразных факторов, вследствие чего и покрытия из него не обладают постоянством качеств. Асфальтобетон резко меняет свойства от температуры:

- ◆ при положительной температуре он обладает свойствами вязко-пластичного материала;

- ◆ при отрицательной – упругого и даже жёсткого.

Таким образом, изменение температуры влияет на деформационные свойства асфальтобетона, а, следовательно, на работоспособность самого асфальтобетонного покрытия. В тоже время большое значение имеет состав асфальтобетонной смеси и применённые в ней материалы и при соблюдении всех требований, можно строить работоспособные покрытия со сроком службы 20 лет и более. При несоблюдении этих требований сокращается срок службы вследствие пластических или хрупких деформаций.

К пластическим деформациям относят сдвиги, наплывы, колейность, гребёнка. Эти деформации образуются в летний период.

К хрупким деформациям относят трещины, образующиеся в следствии температурных напряжений при резком охлаждении осенью и зимой, а также шелушение и выкрашивание, образующиеся весной при многократном переходе температуры через 0°C.

В летний период интенсивность движения транспортных средств выше средней за год, а температура воздуха достигает наибольшего значения. При этом за счёт поглощения тепла чёрным покрытием, оно нагревается в полтора раза больше температуры воздуха. Таким образом, температура покрытия может оказаться выше температуры размягчения битума в асфальтобетоне. Свободный неструктурированный битум начинает плавиться, и асфальтобетон размягчается. Ослабленный при высокой температуре и ставший пластичным асфальтобетон легче деформируется. Под влиянием горизонтальных сил от колёс автомобилей происходит перемещение асфальтобетона и деформация покрытия. Размеры и вид деформации зависят от наибольшей температуры, продолжительности её действия в течение дня и за год. Размягчение асфальтобетонного покрытия в зависимости от интенсивности нагрева и пластичности битума происходит на разную глубину.

Асфальтобетон способен накапливать деформации. Поэтому в результате длительного и многократного воздействия колёс автомобилей на покрытия образуются продольные колеи в местах наката. Значительные горизонтальные

воздействия покрытия испытывают при переключении скорости, трогании автомобилей с места и особенно на участках торможения. Горизонтальные усилия могут достигать значение вертикальных и составлять 0,6 – 0,8 МПа. На остановках городского общественного транспорта образуются большие колеи и наплывы.

Устойчивость против возникновения сдвигающих деформаций связана с прочностью асфальтобетона. Чем выше прочность асфальтобетона, тем выше его сдвигоустойчивость. Деформации асфальтобетонных покрытий при высоких температурах связаны также с зерновым составом и плотностью асфальтобетона.

При нагревании покрытия летом в первую очередь увеличивается в объёме битум. Поэтому необходимо, чтобы в уплотнённом состоянии в асфальтобетоне оставался определённый объём пустот. В тоже время в осенне–зимний период пустоты наоборот играют отрицательную роль, т.к. в них вначале накапливается влага, а затем при замерзании эта вода расширяясь разрушает асфальтобетон.

Особенно процесс разрушения ощутим в весенний период при многократном переходе температуры через 0° С. Чередование оттаивания и замерзания приводит к разрушению структурных связей. От покрытия начинают отделяться мелкие частицы асфальтобетона. Такой вид разрушения называется шелушением. Далее происходит отделение более крупных зёрен. Этот вид разрушения называют выкрашиванием. В отдельных, наиболее слабых местах в покрытии образуются углубления с почти отвесными краями, называемые выбоинами. Таким образом, для хорошей работы асфальтобетона в зимне - весенний период он должен быть возможно более плотным и водонепроницаемым, в отличие от летнего периода, когда асфальтобетон должен иметь определённую пористость. Разрешить это противоречие можно применением каркасного асфальтобетона. Каркас из зёрен крупного заполнителя обеспечивает сопротивление сдвигу при высокой температуре, а необходимая деформация растяжения при низкой температуре достигается применением битума такой вязкости, которая обеспечивает необходимую пластичность при низких температурах зимой.

КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С АСФАЛЬТОБЕТОННЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Конструкции дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями непрерывно совершенствуются в связи с тем, что транспортные нагрузки и интенсивность движения постоянно увеличиваются. Сравнительно недавно

двухслойные асфальтобетонные покрытия толщиной 9 – 10 см на щебёночном основании 18 – 25 см применяли на дорогах высоких категорий. Теперь такие конструкции пригодны только для дорог III и IV категорий. На дорогах I и II категорий конструкции устраивают более мощные. В двухслойном основании обязательно укрепляют верхний слой, а суммарная толщина чёрных слоёв составляет 17 – 25 см. Расширяя перечень материалов, применяемых в слоях основания кроме щебня и гравия, теперь применяют бетон обычный и тощий, щебёночные материалы, укрепленные малыми дозами цемента (4 – 6%). Сроки службы асфальтобетонных покрытий зависят не только от качества асфальтобетона, но и от конструкции дорожной одежды. Одинаковое по качеству асфальтобетонное покрытие по-разному работает на различных основаниях. Так, в асфальтобетонных покрытиях, уложенных на основания из бетона или из каменных материалов, укрепленных цементом появляются трещины из-за теплофизической несовместимости материалов покрытия и основания (коэффициенты линейного температурного расширения этих материалов разнятся в несколько раз). Вследствие этого швы и трещины в бетонных или цементобетонных основаниях повторяются и в асфальтобетонных покрытиях. Щебёночные основания лишены этого недостатка, однако они подвержены неравномерным усадкам, происходящим из-за взаимного перемещения зёрен щебня под влиянием многократных воздействий транспортных нагрузок. Наибольшим теплофизическим свойством обладают слои покрытия и основания из асфальтобетона и материалов, укрепленных битумом или дёгтем. Такие конструкции дорожных одежд работают без деформаций продолжительное время в любых эксплуатационных условиях и при самых больших транспортных нагрузках.

Выбирая конструкцию дорожной одежды нежёсткого типа, руководствуются следующим:

- ▶ во всех слоях дорожной одежды должны быть широко использованы местные материалы;

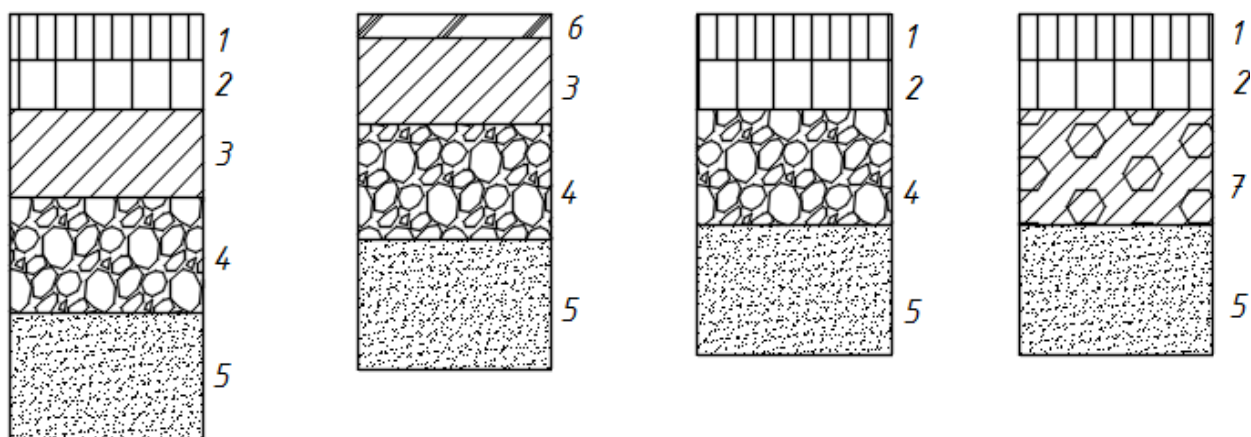
- ▶ конструкция должна быть технологичной и обеспечивать возможность максимальной механизации строительства;

- ▶ покрытия и верхние слои основания испытывают значительные напряжения растяжения и температурные воздействия, поэтому они должны быть монолитными, водо-, морозо- и термостойкими;

- ▶ на магистральных дорогах с тяжёлым и скоростным движением основания строят преимущественно из укрепленных материалов.

Щебёночные материалы должны быть уложены по принципу заклинки.

Схемы конструкций дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием могут быть следующие:



На рисунке: 1 – верхний слой покрытия из плотного асфальтобетона 3,5 – 4 см; 2 – нижний слой покрытия из пористого асфальтобетона 4 – 5 см; 3 – верхний слой основания из высокопористого асфальтобетона 8 – 12 см; 4 – нижний слой основания (или однослойное основание) из высокопористого асфальтобетона; 5 – дополнительный (дренирующий) слой основания из песка 25 см; 6 – слой износа поверхностной обработки; 7 – основание из бетона, тощего бетона, грунта, укрепленного цементом 22 см.

При выборе конструкции предпочтение отдают той, где меньше слоёв. Уменьшение числа слоёв значительно сокращается сроки строительства, даёт экономию в затратах труда и машино-смен. Применительно к выбранной конструкции назначают вид и тип асфальтобетонной смеси. Так как состав смеси и требуемые материалы определяют её стоимость, то при уточнении конструкции, назначении толщины слоёв одежды проводят технико-экономические расчёты. Одна строительная стоимость не определяет целесообразность данной конструкции, и для полного технико-экономического обоснования определяют приведённую стоимость с учётом возможных сроков службы. Срок службы дорожной одежды исчисляют до проведения капитального ремонта, при котором производят перестройку всей дорожной одежды, а асфальтобетонные покрытия – до проведения среднего ремонта, при котором усиливают или укладывают новый слой покрытия. Сроки между средними ремонтами для финансирования этих работ установлены 6 лет.

При определении приведённой стоимости учитывают также все расходы по текущему ремонту покрытия (заделка трещин, выбоин, придание шероховатости и другие работы).

Прочность дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием в значительной степени зависит от прочности и сдвигоустойчивости основания.

Основание назначают с учётом наличия местных материалов и возможности укрепления грунтов. При прочих равных условиях отдают предпочтение основаниям из материалов, допускающих движение строительной техники во время производства работ. Основание должно быть ровным с таким же поперечным уклоном, какой задан для покрытия. Если толщина асфальтобетонного покрытия небольшая (до 6 см), основание должно быть из минеральных материалов, обработанных битумом или эмульсией. Толщину такого слоя назначают не менее 12 см.

ВЫБОР ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Для строительства асфальтобетонных покрытий применяют горячие, тёплые и холодные асфальтобетонные смеси. Горячие смеси приготавливают с использованием вязких битумов, тёплые – с использованием как вязких, так и жидких битумов, холодные – с использованием жидких битумов. Таким образом, главным при выборе вяжущего является вязкость. Все компоненты асфальтобетонной смеси должны быть хорошо перемешаны, что возможно только при малой вязкости битума. С другой стороны, для повышения прочности асфальтобетона требуется битум возможно большей вязкости. Это противоречие на практике преодолевают двумя путями. Первый путь – понижение вязкости битума только на время приготовления смеси и её уплотнения – достигается разогревом битума или его разжижением летучими растворителями, либо эмульгированием в воде. В любом из этих случаев битум в смеси после её уплотнения постепенно восстанавливает прежнюю вязкость вследствие остывания либо испарения разжижителя или воды из эмульсии, и асфальтобетон приобретает требуемые механические свойства.

Второй путь – обеспечение требуемой удобообрабатываемости смеси путём применения битума, вязкость которого соответствует выбранной технологии работ и применяемым для смешения и уплотнения машин. Учитывая особенности вяжущих, целесообразно следующее использование каждого из них. При горячем смешении минеральных материалов с вяжущими и горячей укладке (горячий асфальтобетон) применяют вязкие битумы марок БНД 40/60, БНД 60/90 и БНД 90/130, или дёгти марки Д-6.

В смесях, укладываемых в холодном состоянии (холодный асфальтобетон), применяют только жидкие битумы марки СГ или МГ 70/130, или дёгти соответствующей вязкости Д-4 и Д-5.

В тёплом асфальтобетоне применяют как вязкие битумы марок БНД 130/200, БНД 200/300, так и жидкие марки СГ и МГ 130/200.

Эмульсии применяют, если это экономически целесообразно при холодном перемешивании с минеральными материалами, а также в случае необходимости увеличить объём работ за счёт дней с влажной погодой, когда нельзя применять горячий способ.

Выбирать вяжущее нужно также с учётом удобства их доставки на место работ и близости мест их производства.

Одновременно следует учитывать влияние интенсивности движения на образование волн при высокой температуре и опасность трещинообразования при низкой.

ВЫБОР МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Выбор минеральных материалов зависит от типа покрытия, интенсивности и состава потока автомобилей. В зависимости от качества минеральных материалов, их петрографического состава и механической прочности выбирают вяжущее, тип и марку асфальтобетона, способ работы.

Необходимо иметь в виду, что прочность минеральных материалов, применяемых в смесях с органическим вяжущим, имеет значение только в сочетании с их сцеплением с вяжущим. В ряде случаев может оказаться, что при прочных минеральных материалах без использования ПАВ смеси будут менее пригодны для дорожных целей, чем со сравнительно малопрочными, но обеспечивающими высокое сцепление с вяжущим. Однако нельзя и переоценивать факторы сцепления в отношении менее прочных минеральных материалов. Было бы неправильно предполагать, что малопрочные минеральные материалы при обработке органическими вяжущими будут равноценны высокопрочным каменным материалам. Прочность и устойчивость смесей в покрытии обеспечивают не только сцепление, но и коэффициент трения. Используя менее прочные минеральные материалы, следует учитывать размельчение зёрен при уплотнении и эксплуатации покрытия. Измельчение минеральных материалов происходит сравнительно быстро в поверхностных слоях небольшой толщины. В более толстых слоях процесс размельчения занимает много лет. Поэтому менее прочные материалы следует применять при более толстых слоях в плотных смесях.

Для лучшего уплотнения форма щебня должна быть близко к кубу. Предпочтительнее шероховатый, свежедроблённый материал.

Одним из важнейших требований к минеральному материалу является чистота его поверхности.

КЛАССИФИКАЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

По виду применяемого минерального материала смеси подразделяют на щебёночные, гравийные и песчаные. В зависимости от вязкости битума, температуры приготовления и укладки смеси бывают горячие, тёплые и холодные. Горячие смеси с температурой укладки не ниже 120°C, тёплые – не ниже 80°C. По наибольшему размеру зёрен минерального материала горячие и тёплые смеси делят на крупнозернистые – с зёрнами размером до 40 мм, мелкозернистые – с размерами зёрен до 20 мм, песчаные – с размерами зёрен до 5 мм.

Холодные смеси подразделяют на мелкозернистые и песчаные.

По плотности смеси делят на плотные (горячие и тёплые) с остаточной пористостью 1 – 5%, пористые св. 5 – 12% и высокопористые св. 12 – 18%.

Пористые и высокопористые смеси применяют в нижнем слое покрытия и верхнем слое основания, плотные – в верхнем слое покрытия.

При невозможности укладки верхнего слоя покрытия сразу за укладкой нижнего слоя, последний укладывают из плотных крупнозернистых смесей.

Щебёночные и гравийные смеси в зависимости от содержания в них щебня и песчаные смеси в зависимости от вида песка подразделяют на типы:

- А – многощебёнистые;
- В – малощебёнистые;
- Г – песчаные с дроблённым песком;
- Д – песчаные с природным песком..

Каждый тип может быть либо с индексом «Г» (горячий), либо с индексом «Т» (тёплый). Например, А_Г или А_Т и т.д.. В СТБ 1033-2016 ввели ещё один тип, это тип «С». Он может быть только с индексом «Г». Количество крупного заполнителя, % по массе в каждом типе следующий:

- С_Г – св. 65 до 80 включительно;
- А_Г, А_Т – св. 50 до 65 вкл.;
- Б, Б_Г – св. 35 до 50 вкл.;
- В_Г, В_Т – св. 20 до 35 вкл.

Для пористых и высокопористых горячих и тёплых смесей крупно- и мелкозернистых – св. 35 до 70 вкл.

Горячие и тёплые смеси типа «А» в зависимости от качественных показателей подразделяют на две марки (I и II), типов «Б» и «Г» - на три марки (I, II и III), типов «В» и «Д» - на две марки (II и III).

Горячие и теплые смеси для пористых и высокопористых асфальтобетонов подразделяют на две марки (I и II).

Марки асфальтобетонов подразделяют не только по показателям свойств, но и по качеству составляющих минеральных материалов: в смесях I марки применяют наиболее прочный щебень и высококачественный минеральный порошок. В смесях II и III марок требования к качеству составляющих материалов снижается.

Вид смеси или асфальтобетона обозначаются в соответствии с СТБ 1033-2016 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон». Примеры условного обозначения:

1. Смесь ЦМС_Г 10-I/2,2 СТБ 1033-2016 расшифровывается следующим образом: смесь щебёночная мелкозернистая горячая, тип С, с максимальной крупностью заполнителя 10 мм марки I, с показателем сдвигоустойчивости 2,2;

2. Асфальтобетон ЦКА_Г 40-I/2,7 СТБ 1033-2016. Это асфальтобетон щебёночный крупнозернистый горячий, типа А, с максимальной крупностью заполнителя 40 мм, марки I, с показателем сдвигоустойчивости 2,7;

3. Смесь ГМБ_Г 15-II/2,3 СТБ 1033-2016. Это смесь гравийная мелкозернистая тёплая, типа Б, с максимальной крупностью заполнителя 15 мм, марки II с показателем сдвигоустойчивости 2,3.

ВЫБОР АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Принятая в проекте конструкция дорожной одежды предопределяет тип асфальтобетона. Однако в зависимости от наличия материалов в лаборатории строительства определяют вид смеси и её состав. При выборе асфальтобетонной смеси учитываются следующие факторы: интенсивность и состав движения, наличие местных материалов, наличие механизмов для укладки и уплотнения смеси. Так, например, смеси бывают укатываемые и литые. Укатываемые смеси требуют обязательной укатки катками. Литые смеси не требуют укатки благодаря большему содержанию битума и большей температуре нагрева. Эти смеси легко распределяются и получают конечную плотность при разравнивании брусом укладчика, что позволяет отказаться от применения катков. При выборе асфальтобетонной смеси учитывается также и такой фактор, что формирование верхнего слоя покрытия, т.е. достижение асфальтобетоном нормативных свойств, происходит тем быстрее, чем более

вязок битум, применённый в смеси. Так, например, формирование покрытий из горячих смесей заканчивается в основном после остывания уплотнённого слоя асфальтобетона. Асфальтобетон из горячих смесей применим во всех дорожно-климатических зонах для всех категорий дорог, т.к. он является наиболее прочным с наибольшим сроком службы.

Скорость формирования покрытия из тёплых смесей колеблется от нескольких часов до 15 суток. Покрытия из тёплых смесей с маловязким битумом можно сразу открывать для движения после уплотнения. С жидким битумом тёплый асфальтобетон в течение 1-2 недель требует доуплотнения движением транспортных средств, которое нужно регулировать. Асфальтобетон из тёплых смесей менее прочен и покрытия из него обладают меньшим сроком службы, чем из горячих смесей.

Формирование покрытий из холодных смесей протекает медленно (20 – 40 суток) и зависит от марки битума, погодных условий, интенсивности движения и грузоподъёмности автомобилей. Покрытия из холодных асфальтобетонных смесей обладают меньшей прочностью и сроком службы, но более трещиностойки, чем покрытия из горячих и тёплых смесей. Покрытия из холодного асфальтобетона относят к покрытиям облегчённого типа.

В зависимости от вида, качества и крупности минерального материала необходимо учитывать следующее: гравийные материалы применимы только в асфальтобетоне II и III марок. Асфальтобетонные покрытия с малым содержанием щебня и низких марок обладают недостаточной шероховатостью и требуют при строительстве специальных способов придания им шероховатости. При выборе вида и типа асфальтобетона для верхнего слоя покрытия учитывают службу асфальтобетонных покрытий и обнаруживаемые на них в процессе эксплуатации деформации и разрушения. Покрытия из горячих смесей обладают высокой сдвигоустойчивостью и работоспособностью. Их ровность сохраняется значительно дольше, чем у покрытий из тёплых и холодных смесей. Объясняется это тем, что у горячих смесей максимальная плотность достигается сразу же в момент их устройства. Плотность же асфальтобетона из тёплых и особенно из холодных смесей повышается в течение более длительного времени, и всё это время покрытие работает в недоуплотнённом состоянии, а следовательно большая вероятность в это время ухудшение ровности поверхности покрытия.

Асфальтобетон из смесей с малым содержанием щебёночного материала или с материалом недостаточной износостойкости легко шлифуется, что приводит к скользкости покрытия и росту числа ДТП. Для повышения длительной их шероховатости необходимо применение смесей типов А и С.

Важна однородность смесей, т.к. при неоднородном составе в слабых местах в первую очередь возникают выбоины и другие деформации и разрушения асфальтобетонных покрытий.

В целях повышения производительности и снижения стоимости строительства асфальтобетонную смесь укладывают толстыми слоями. В этом случае для верхних слоёв необходимы щебёночные смеси с таким содержанием зёрен крупнее 5 мм, чтобы в слое образовался пространственный каркас. Это необходимо и для достижения ровности поверхности толстых слоёв. Кроме того смеси должны содержать оптимальное количество битума.

УЛУЧШЕННЫЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ НЕЖЁСТКОГО ТИПА

Повышение свойств асфальтобетона может достигаться активацией (гидрофобизацией) минерального порошка, песка и щебня. Принцип активации состоит в том, что поверхность минеральных зёрен обрабатывают битумом в момент их полома или дробления, т.е. когда свежеработанные поверхности раскола объединяются с битумом прежде, чем они войдут в контакт с воздухом и пылью. В этот момент происходит наилучшее сцепление поверхности минеральных зёрен с битумом.

Применение активированных минеральных материалов снижает расход битума, повышает плотность асфальтобетона, ускоряет формирование тёплых и холодных асфальтобетонов, повышает водостойкость покрытий.

Для повышения прочности и сдвигоустойчивости, увеличения сроков службы покрытия применяют смеси, в которых к битуму добавляют эпоксидную или полиэфирную смолу, поливинилхлорид и другие аналогичные материалы. Действие их эффективно, но многие из них токсичны, усложняют приготовление смеси, а главное – значительно повышают стоимость асфальтобетонного покрытия.

На ответственных объектах при строительстве покрытий на больших уклонах, на крутых поворотах или на дорогах с движением автомобилей на шинах с шипами для снижения расхода битума целесообразно применять асфальтобетонные смеси с полимерными материалами. Примесь к битуму полимерных материалов создаёт новые по технологическим свойствам асфальтобетоны, и, очевидно, покрытия из них будут значительно прочнее и с большим сроком службы. Так, например, в дорожном строительстве широко

опробован асфальтобетон с полимербитумным вяжущим, представляющим собой вязкий битум с добавкой 3 – 5% дивинилстирольного термоэластопласта.

Чтобы повысить удобообрабатываемость горячих смесей, их пластичность и избежать трещин при уплотнении смеси, применяют добавки (3 – 5% к битуму) олигомеров, например, олигомера стирола.

В особо трудных эксплуатационных условиях в качестве вяжущего можно применять смесь битума с резиновым порошком. Резиновую крошку получают при измельчении старых автомобильных шин и добавляют в битум или в асфальтобетонную смесь 2 – 5% по массе. Резина придаёт покрытию повышенную трещиностойкость, водонепроницаемость и обеспечивает лучшее сцепление колёс с покрытием. Такие свойства покрытия наиболее актуальны на ездовом полотне мостов, где из-за резкого изменения температуры покрытие гораздо больше подвержено разрушению, чем на обычных участках дороги. Важным также для движения по мосту является хорошее сцепление колеса с покрытием, что исключает заносы автомобилей и падение с моста.

Приготовление смесей с резиновым порошком, укладку и уплотнение покрытия производят также, как и при использовании обычных горячих смесей.

Иногда есть необходимость устройства цветных покрытий. В этом случае в качестве вяжущего применяют бесцветную инденкумароновую смолу. Подбирая нужные по цвету минеральные материалы получают цветное покрытие.

Таким образом, имеется широкий выбор состава смеси и типа асфальтобетона с учётом местных конкретных условий. Утверждённый проект обязателен к применению, но в нём может не быть детально обоснованного состава смеси для покрытия, поэтому строители должны проанализировать проектные решения, исправить с учётом изменившихся местных условий или возникших предложений по их улучшению. После этого исправленные составы смеси выдаются заводам, обеспечивающим строительство асфальтобетонной смесью. Окончательный тип, вид и состав смеси определяет центральная лаборатория строительства, которые утверждает главный инженер строительства.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ СМЕСИ И РЕЖИМЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

Приготовление асфальтобетонной смеси и режимы формирования структуры асфальтобетонного покрытия можно разделить на 4 этапа. К таким этапам относятся:

- ▲ подготовительный период;
- ▲ период активного структурообразования (при перемешивании асфальтобетонной смеси);
- ▲ период формирования макро и микроструктурных связей (при уплотнении асфальтобетонной смеси);
- ▲ период упрочнения структурных связей во время охлаждения и уплотнения от транспорта на начальном этапе эксплуатации покрытия.

1. *Подготовительный период* включает следующие работы:

- а) анализ условия работы асфальтобетонного покрытия и определение требований к верхним слоям дорожной одежды;
- б) проектирование состава асфальтобетона;
- в) подготовка компонентов асфальтобетонной смеси (модифицирование битума, активация минеральных порошков, сушка и нагрев песка и щебня).

При проектировании состава асфальтобетона необходимо особое внимание обращать на зерновой состав песка, поскольку он не может существенно изменяться.

Предварительную сушку песка и щебня лучше осуществлять отдельно, т.к. из-за существенного различия удельных площадей поверхности песка и щебня, последний сушится быстрее.

В процессе сушки минеральных компонентов особо тщательно нужно нагревать щебень. Щебень способен постепенно отдавать тепло, поддерживая слой горячим длительное время, что необходимо для протекания процессов структурообразования. Качественно прогреть щебень можно за счёт его длительного нахождения в сушильном барабане (без увеличения температуры сушки), или в результате использования дополнительных источников нагрева, например СВЧ - лучей, либо инфракрасного излучения. Щебень нагревают до начала объединения его с битумом.

2. *Период активного структурообразования* начинается с момента объединения каменных материалов с битумом. Технологические свойства асфальтобетонной смеси с этого момента зависят от вязкости битума и состава смеси. Вязкость битума зависит от его температуры, а также от наличия ПАВ и пластификаторов. Вязкость битума также можно изменять обработкой ультразвуком, воздействием магнитных полей, вспениванием битума. Все эти приёмы изменяют вязкость битума и его активность в момент объединения с каменным материалом.

При перемешивании на каждом минеральном зерне образуется битумная плёнка. Величина сцепления битумной плёнки с минеральным зерном зависит

от условий протекания процессов смачивания и адсорбции. Смачивание – процесс самопроизвольного уменьшения свободной энергии трёхфазной системы, состоящей из битума, каменного материала и воздуха. Смачивание вызывает растекание битума по поверхности минеральных зёрен. 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 на минеральном зерне начинаются процессы адсорбции и адгезии. Структурные элементы битума (асфальтены и смолы) притягиваются к поверхности минерального зерна, образуя ориентированные слои. В зависимости от толщины плёнки будут изменяться все структурно-реологические и механические свойства асфальтобетона.

Интенсивность покрытия вяжущим частиц каменного материала зависит также от размера частиц. Смачивание крупных частиц подчиняется обычным законам смачивания. При очень малых размерах частиц (минеральный порошок) происходит не смачивание, а поглощение их вяжущим. Этим объясняется тот факт, что при перемешивании мелкие частицы покрываются битумом в первую очередь, в результате чего образуется асфальтовяжущее вещество (битум, наполненный минеральным порошком), которое покрывает (обмазывает) крупные минеральные зёрна менее активно, чем чистый битум. Полное покрытие крупных зёрен вяжущим достигается только в результате интенсивного принудительного механического перемешивания. К сожалению, пока отсутствуют способы перемешивания смесей, которые могли бы исключить кластерообразование и обеспечить 100% покрытие каменного материала битумной плёнкой. Современные смесители позволяют покрыть каменный материал битумной плёнкой лишь на 60...80%. Микрокластер – это группа частиц минерального порошка, покрытых внешней плёнкой битума, в то время как внутренние поверхности частиц не покрыты ею.

Проникая во внутрь кластера вода при замерзании увеличивается в объёме на 10%, что приводит к образованию вначале микротрещин, а в последствии макротрещин. Дальнейший процесс – это увеличение макротрещин и образование на поверхности выбоин.

Для уменьшения процесса кластерообразования, а также для улучшения покрытия битумной плёнкой поверхности каменного материала помимо увеличения температуры битума применяют ультразвуковую обработку смеси, вводят в юитум ПАВ, специальные модификаторы и пластификаторы и др.

3. *Период формирования макро- и микроструктурных связей.* Он охватывает процессы транспортирования, укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси. На этом этапе происходит уменьшение порового пространства, сближение минеральных зёрен, вытеснение битума из зоны контакта, упрочнение битумных связей за счёт дальнейшего формирования структурированных зон в битумной плёнке на поверхности минеральных зёрен. При сближении зёрен в результате уплотнения происходят физические изменения в битумной плёнке. Сблизить необходимо минеральные зёрна до расстояния, равного толщине битумной плёнки структурированного битума. Это ограничивает свободное перемещение зёрен при действии нормальных и касательных напряжений.

4. *Период упрочнения структурных связей во время охлаждения и уплотнения покрытия на начальной стадии эксплуатации транспортными средствами.*

После уплотнения покрытия катками в момент его остывания, а также на первом этапе эксплуатации, когда продолжается доуплотнение от транспорта, также продолжают и процессы структурообразования, заключающиеся в формировании слоя ориентированного битума на минеральном зерне, проникновения лёгких битумных фракций в тело минеральных зёрен. Все эти процессы приводят в конечном счёте к увеличению коррозионной стойкости асфальтобетона, поэтому важно в течении 2...3 ч. после укладки асфальтобетона поддерживать высокую температуру слоя. Большое влияние на скорость охлаждения слоя покрытия помимо погодных-климатических факторов оказывают стадии нагрева и сушки каменных материалов, когда происходит накопление тепловой энергии каждым зерном. Эта энергия после укладки слоя долго поддерживает его в тёплом состоянии.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Успешное строительство асфальтобетонных покрытий зависит от качества проекта производства работ (ППР), основным элементом которого является технологическая схема. При её составлении нужно в первую очередь учесть местные условия, наличие машин, расположение и мощность АБЗ, конструкцию покрытия и другие факторы, влияющие на организацию работ.

Частный поток, составляющий организационную схему, включает три подразделения: первое ведёт подготовительные работы, второе укладку и уплотнение нижнего слоя, третье – укладку и уплотнение верхнего слоя. При

необходимости придания шероховатости и укладки слоя износа, четвёртое звено выполняет эти работы.

Каждое звено работает на захватке, длину которой определяют из расчёта выполнения намеченных на смену работ с учётом наиболее полного использования машин. В первую очередь устанавливают оптимальную длину захватки основного звена, которое укладывает и уплотняет верхний слой. Учитывая производительность основной машины этого звена – асфальтоукладчика и стремясь к наибольшему его использованию, определяют состав и режим работы остальных машин. Работы предусматривают, как правило, в три смены: в первую смену укладывают верхний слой, во вторую – нижний слой, в третью проводят техническое обслуживание машин, установок и систем автоматического управления.

При разработке ППР по строительству покрытия учитывают организацию работ на АБЗ. При одновременной укладке верхнего и нижнего слоя на АБЗ должны быть смесители, из которых один готовит смесь для нижнего, а другой – для верхнего слоя. Также необходимо иметь в виду, что при разной толщине слоёв производительность этих смесителей должна быть соответствующей.

При составлении ППР также важное значение имеет принятое количество асфальтоукладчиков. Укладка каждого слоя на всю ширину требует двух-трёх асфальтоукладчиков или специальных укладчиков большой ширины. Такая работа целесообразна, но требует значительного повышения производительности заводов.

Учитывая ограничение расстояния перевозки горячих и тёплых смесей, рассчитывают расстояние между заводами и их число. Также предусматривают перемещение заводов с одного места на другое. Тип автомобилей и их грузоподъёмность зависит от толщины укладываемого слоя и типа укладчика. Во избежание остывания смеси устанавливают допустимую дальность возки. Проблему неравномерного остывания смеси в процессе транспортирования (по краям смесь быстрее охлаждается) решают использованием загрузчика, в котором смесь ещё раз перемешивается перед загрузкой в асфальтоукладчик и тем самым уравнивается температура всего объёма.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ УСТРОЙСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Подготовительные работы необходимы для выполнения основных работ без перерывов и с наибольшей производительностью. Они включают:

1. закрытие участка для движения транспорта и пешеходов;

2. разбивку работ и проверку основания;
3. установку боковых упоров;
4. очистку основания (или нижнего слоя) от пыли и грязи;
5. обрызгивание основания разжиженным битумом или эмульсией.

Для проведения дополнительных работ необходимы:

■ набор приспособлений и инструментов, дорожных знаков, ограждающих заборов, геодезических инструментов:

■ автогудранаторы, поливомоечные машины, передвижные котлы с возможностью перемешивания в них битума и розлива его в ведра, краскопульты и другое оборудование в зависимости от условий работ.

Будущую рабочую зону не позже, чем за смену до укладки асфальтобетона смеси закрывают для движения автомобилей и пешеходов, подготовив объезды вне проезжей части строящегося покрытия и проходы для пешеходов. Рабочую зону обставляют необходимыми знаками и, если надо, заградительными устройствами в соответствии с правилами ведения работ.

Разбивка имеет целью указать на месте рабочие отметки оси и краёв покрытия или отдельных его слоёв. Если к этому времени не устроены укрепительные полосы или бордюры, то разбивка в первую очередь определяет их положение и необходимый уровень. После установки колышков на них наносят мелом или краской отметки поверхности покрытия. Особенно важны такие отметки, когда толщина покрытия изменяется по оси и кромкам. Прежде чем проводить детальную разбивку, проверяют качество основания и соответствие его проекту по ширине, качеству поверхности и прочности.

Разбивку проводят с учётом того, что на участках с продольным уклоном более 40‰ работы обязательно ведут вверх по уклону. Разбивку осуществляют с помощью нивелира или визиров, закрепляя все руководящие точки деревянными кольями, или наносят отметки на выступающие краевые полосы и бордюры. Если проезжая часть не будет иметь укрепительных полос или бордюров, или укладчики не имеют скользящих форм, для упора укладываемой асфальтобетонной смеси и ограничения кромки покрытия применяют брусья, доски, иногда рельсы, при этом учитывают требуемую толщину слоя асфальтобетонной смеси в уплотнённом состоянии. Во время работ машины могут их двинуть с места, поэтому их укрепляют со стороны обочин металлическими крюками, забиваемыми в грунт. При работе с автоматизированными асфальтоукладчиками устанавливают базу для следящего устройства. По нивелиру натягивают копирную струну, которая является указателем уровня и направления движения асфальтоукладчика. Она также является исходным базисом для установки и регулирования рабочих

органов укладчика. Поэтому точность натяжения копирных струн обеспечивает хорошее качество работ. Струну натягивают с одной стороны проезжей части, если она имеет симметричный поперечный профиль. При укладке второй полосы копирную струну может заменить готовое покрытие, по которому скользит рычаг. Струны натягивают на протяжении одной захватки по опорам, устанавливаемым через 10 - 15 м, и располагают от верха основания на высоте 20 – 30 см. Линия струны должна быть параллельна продольной оси покрытия и на расстоянии 0,2 – 0,25 м от его кромки. Если до начала работ устроена укрепительная полоса, можно обойтись без струн, пользуясь верхом уложенных плит или бетона как направляющей поверхностью.

Основание очищают от пыли и грязи механическими щётками, сжатым воздухом от передвижного компрессора или другими средствами. Также используют поливомоечные машины.

После очистки и высушивания основания, обрызгивают выступающие части жидким битумом или эмульсией из краскопульта. Перед укладкой смеси основание или нижний слой покрытия обрабатывают битумной эмульсией или разжиженным битумом не позже, чем за 3 – 5 часов. На обработку 1 м² основания или нижнего слоя покрытия расходуют соответственно 0,5 – 0,8 л эмульсии и 0,2 – 0,3 л жидкого битума. Обработку вяжущим не производят, если свежеложенное основание построено с применением органического вяжущего и не загрязнено, а также при укладке верхнего слоя на свежеложенный нижний слой.

УКЛАДКА ГОРЯЧИХ И ТЁПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Покрытия из горячих и тёплых асфальтобетонных смесей начинают строить в тёплую погоду, когда температура воздуха не ниже +5°С и основание не промёрзшее, сухое. Осенью заканчивают строительство покрытий из горячих смесей, когда температура воздуха снижается до 10°С, из тёплых – до -5°С. При более низкой температуре при укладке смесей принимают специальные меры. Эти ограничения необходимы, чтобы асфальтобетонные смеси не могли быстро охладиться, т.к. покрытие может остаться недоуплотнённым.

Для получения покрытия хорошего качества смесь укладывают только в сухую погоду. При её укладке в дождь ухудшается сцепление слоёв, что снижает качество покрытия, т.е. повышается возможность сдвига слоёв. Поверхность покрытия, построенного в дождливую погоду, может иметь

большое количество неровностей и раковин, в результате возникнут более крупные разрушения (выбоины) и деформации.

Для выравнивания старой дорожной одежды, используемой в качестве основания (булыжная мостовая и другие плиты), с поперечным уклоном, превышающим 20‰, предварительно укладывают выравнивающий слой. Для чего применяют пористый или высокопористый асфальтобетон или обработанную битумом крупнозернистую щебёночную смесь.

После укладки выравнивающего слоя распределяют для нижнего слоя покрытия пористую смесь. Верхний слой укладывают аналогично нижнему. Желательно, чтобы работы следовали непосредственно одна за другой, что позволяет достигнуть лучшего сцепления слоёв между собой. Однако для удобства обслуживания укладчиков и проезда автомобилей необходим задел нижнего слоя.

Для качественной укладки необходимо, чтобы доставленная смесь имела заданную температуру. Наименьшая допустимая температура смеси при укладке в зависимости от марки битума должна соответствовать следующим значениям.

Вид смеси	Марка битума	Температура смеси, °С	
		Без ПАВ	С ПАВ
Горячая	БНД 90/130; БНД 60/90 БНД 40/60	120	110
Тёплая	БНД 200/300; БНД 200/300; БНД 130/200; БНД 130/200	100	90

Асфальтоукладчик укладывает смесь на ширину от 1,1 до 16 м. В зависимости от ширины покрытия определяют вид асфальтоукладчика либо количество полос укладки для укладчика, имеющегося в наличии.

Ровность асфальтобетонного покрытия обеспечивает:

- ◆ планировкой и тщательным уплотнением каждого слоя дорожной одежды;
- ◆ высокой ровностью и плотностью земляного полотна и основания;
- ◆ уплотнением покрытия до нормируемой плотности;
- ◆ сокращением количества поперечных сопряжений;
- ◆ тщательным контролем производства работ на всех этапах.

Повышению ровности асфальтобетонных покрытий способствует применение асфальтоукладчиков с автоматической системой обеспечения заданной ровности покрытия и толщины слоя.

Асфальтоукладчик работает на всю ширину покрытия. В случае, когда работают два укладчика на ширине покрытия, опережение одного из них относительно другого по технике безопасности должно быть в пределах 10 – 30 м.

Поверхность уложенного слоя после прохода укладчика должна быть ровной, однородной, без разрывов и раковин. На узких полосах, на закруглениях и виражах смесь укладывают дополнительным малым укладчиком одновременно с работой основного укладчика, что позволяет уплотнить смесь сразу по всей ширине покрытия, избежав дополнительной продольной спайки и возможной трещины при эксплуатации.

Часто весной и осенью укладывают только нижний слой, открывая движение по нему. В этом случае летом такой слой должен быть перекрыт верхним слоем с применением мер по обеспечению сцепления слоёв. На уложенном осенью и оставляемом на зиму слое предварительно укладывают защитный слой.

При укладке асфальтобетонного покрытия все сопряжения уплотняют особенно тщательно, добиваясь необходимой плотности и полной однородности поверхности покрытия. Места сопряжений должны быть незаметны, а плотность асфальтобетона должна быть не ниже, чем на остальных участках покрытия. Поперечные сопряжения должны быть перпендикулярны оси дороги.

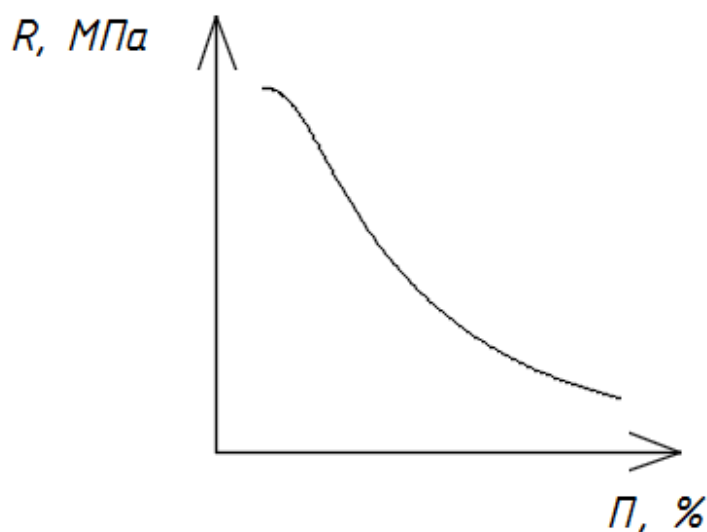
Обрубить или отрезать края покрытия целесообразно сразу после уплотнения. Это особенно важно при смесях типов А и С, которые после остывания трудно поддаются обработке. Для обрубления кромок пригодны пневмомолоты и отбойные молотки, для отрезания краёв – свободно вращающиеся диски из высокопрочной стали, устанавливаемые на катках и других машинах.

УПЛОТНЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ ГОРЯЧИХ И ТЁПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Завершающим и очень важным этапом в технологии устройства асфальтобетонных покрытий является уплотнение укладываемых слоёв смеси. Физико-механические свойства асфальтобетона в дорожном покрытии (пористость, прочность, сдвигоустойчивость, водо- и морозостойкость) в значительной степени зависят от плотности этого материала. Чем выше степень

уплотнения (меньше пористость) покрытия из асфальтобетона, тем выше его прочность и меньше вероятность последующего деформирования под действием проходящего транспорта.

Опыт показывает, что недоуплотнение асфальтобетонных покрытий в период строительства приводит к сокращению сроков службы и увеличению затрат на их ремонт в период эксплуатации. В процессе уплотнения смеси происходит упаковка её зёрен за счёт их сближения, а также происходит выдавливание воздуха, вовлечённого в смесь при её перемешивании. Сближение зёрен при уплотнении сопровождается выжиманием битума из точек контактирования зёрен в межзерновые пустоты. Поскольку асфальтобетонная смесь вязкопластичный материал, свойства которого изменяются во времени, то однократное приложение нагрузки, даже очень большой, не может уплотнить смесь до возможного предела. Процесс уплотнения происходит в результате постепенного течения вязкого реологического материала, что может быть достигнуто многократными силовыми воздействиями, т.е. многократными проходами катка по одному следу.



На рисунке: зависимость прочности R покрытия от пористости P асфальтобетона.

Покрытие следует уплотнять самоходными катками. Состав звена катков зависит от производительности асфальтоукладчика (площади построенного покрытия за смену) и типа смеси. В среднем при производительности завода 30 – 35 т/час для уплотнения применяют звено из трёх катков – один лёгкий и два тяжёлых. Такое звено за смену может уплотнить 2500 – 2700 м² покрытия из смеси типов А и Б, 3000 – 3500 м² типов В и Д и 1500 – 2000 м² типа Г. При уплотнении толстых слоёв число катков в звене увеличивают до четырёх. На

двухполосной проезжей части более чем тремя катками работать затруднительно. В этом случае смеси типов А, Б и Г целесообразнее уплотнять пневмоколёсными катками на повышенной скорости.

Общее число проходов катков с гладкими вальцами по одному следу зависит от состава смеси и погодных условий; ориентировочно для лёгких катков 2 – 4, тяжёлых – 15 – 18. Конкретное число проходов устанавливают пробным уплотнением с проверкой плотности. Катки вибрационного действия применяют для усиления работы катков статического действия при уплотнении верхнего слоя покрытия из смесей типов А, Б и Г. При этом первые два – три прохода по одному следу, виброкаток делает с выключенным вибратором, затем три – четыре – с включённым. После виброкатков необходимо дополнительное уплотнение тяжёлым катком (6 – 10 проходов по одному следу).

Пневмоколёсными катками можно уплотнять смеси всех типов. Их важнейшим преимуществом является большая глубина уплотнения, возможность регулирования контактного давления и высокая производительность. Обычно пневмоколёсные катки применяют после двух – трёх проходов лёгких катков с гладкими вальцами. Для приглаживания неровностей от пневмомашин осуществляют два – четыре прохода тяжёлым катком с гладкими вальцами. При применении смесей типов А и Б уплотнение начинают пневмоколёсными катками (10 – 12 проходов), а заканчивают тяжёлым с гладкими вальцами.

Катки должны двигаться от кромок к середине покрытия, затем от середины к кромкам, перекрывая каждый слой от катка на 20 – 30 см. При последовательном уплотнении двух полос уплотнение второй полосы начинают по продольному сопряжению с ранее уложенной полосой. Катки двигаются ведущими вальцами вперёд по ходу работ. Для обеспечения ровности покрытия каток должен двигаться плавно, без рывков. Нельзя останавливать каток на горячем недоуплотнённом покрытии.

Рекомендуемая температура для эффективного уплотнения горячих смесей следующая:

Смеси	Температура, °С
<i>Горячие:</i>	
А. Многощебёнистые	140 – 160
Б. Среднещебёнистые	120 – 140
В. Малощебёнистые	100 – 130
Г. Песчаные из дроблёного песка	130 – 140
Д. Песчаные из природного песка	120 – 140

Смеси для нижнего слоя	120 – 140
Литой асфальт	180 - 200
Тёплые смеси	70 - 100

При использовании ПАВ температура смеси в начале уплотнения может быть снижена на 10 – 20 °С.

В начале уплотнения скорость катков должна быть в пределах 1,5 – 2 км/ч, а после пяти – шести проходов по одному следу её увеличивают:

- для катков с гладкими вальцами до 3,5 км/ч;
- для виброкатков до 2,5 – 3 км/ч;
- для пневмоколёсных катков до 5 – 8 км/ч.

Главным преимуществом при уплотнении слоёв повышенной толщины является сохранение высокой температуры в уплотнённом слое в течение длительного времени. При толщине слоя 15 см и температуре воздуха 18 – 20°С снижение температуры с 145 до 70°С происходит за 3 – 3,5 ч, при слое толщиной 9 см – за 2 – 2,5 ч, а при слое толщиной 4 – 6 см – в течение 45 мин.

Чтобы предотвратить прилипание асфальтобетонной смеси, вальцы катков смачивают водой, смесью воды и керосина 1:1.

В конце 1980-х годов парк катков в наших дорожных организациях имел 84% гладковальцовых катков. За последние годы подрядные организации были оснащены импортными и отечественными пневмо- и комбинированными катками. Комбинированные катки оснащены одним вибрационным вальцом, а второй валец может быть гладким металлическим или пневмоколёсным. Такое сочетание вальцов делает катки универсальными. Комбинированные катки особо эффективны при уплотнении многощебёнистых смесей. Лучшего уплотнения комбинированный каток достигает при движении пневмошинным вальцом вперёд.

В последнее время выпускают катки с вибрацией гладкого металлического вальца одновременно в вертикальном и горизонтальном направлениях, так называемая технология «осцилляции». Уплотнение такими вальцами имеет ряд преимуществ:

■ при уплотнении асфальтобетона не происходит отрыв вальца от укатываемой поверхности, и тем самым не происходит разрушение (дробления) щебёнок. Они как бы упаковываются. Не происходит также вытягивание битума на поверхность покрытия, он распределяется внутри слоя;

■ при уплотнении грунта амплитуда воздействия вальца саморегулируется в зависимости от плотности грунта и поверхность остаётся более ровной. Так же не происходит разуплотнение верхнего слоя. За счёт того, что не

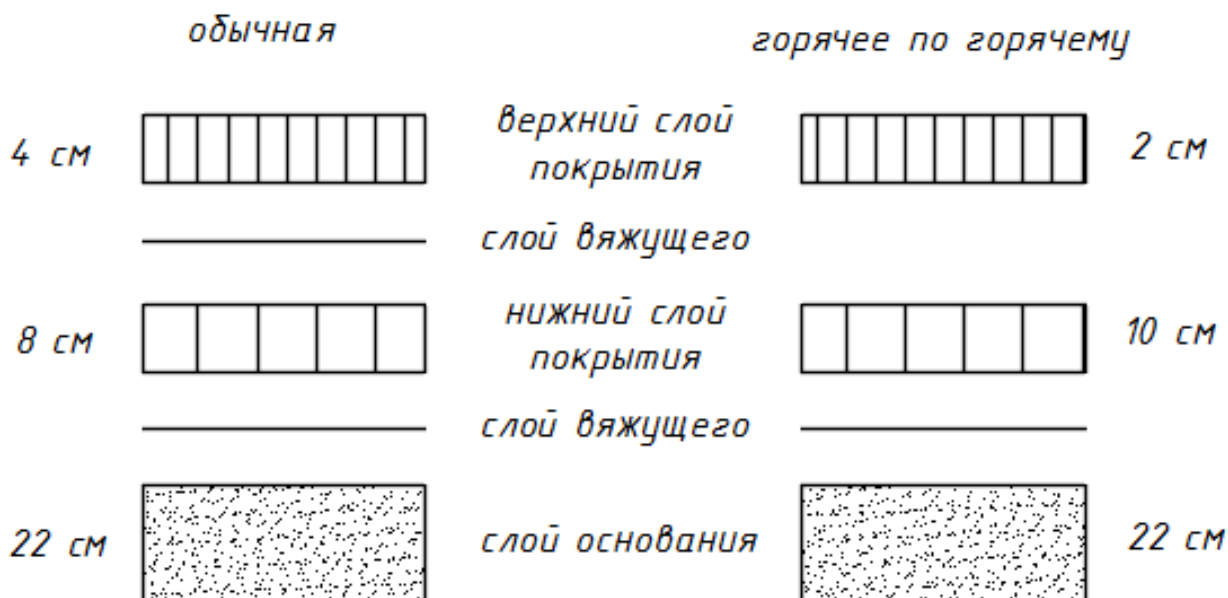
происходит вытягивание воды на поверхность, лучше упаковываются частицы грунта.

Как при уплотнении асфальтобетонного слоя, так и при уплотнении грунта машинист катка, а также окружающая среда получают меньше негативного воздействия от вибрации.

ТЕХНОЛОГИЯ УКЛАДКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЁВ «ГОРЯЧЕЕ ПО ГОРЯЧЕМУ»

Новый способ укладки представляет собой укладку за один проход нижнего слоя и замыкающего слоя один за другим – «горячее по горячему». При этом способе необходимо использовать укладчики, которые достигают высокого уплотнения рабочими органами уже на стадии укладки и уплотнение катками нижнего слоя не требуется. Такая технология может применяться для нового строительства и для восстановления дорожных одежд. Способ укладки асфальтобетонных слоёв «горячее по горячему» имеет ряд преимуществ. Теплоёмкость нижнего слоя способствует задержке охлаждения тонкого замыкающего слоя, что значительно улучшает его уплотняемость. Сцепление обоих слоёв существенно увеличивается, в результате чего повышается надёжность их связи без промежуточного слоя вяжущего и увеличивается срок службы дорожной одежды. Благодаря большому аккумулярованию тепла укладка без проблем возможна в более холодное время года и при влажных погодных условиях. При технологии укладки «горячее по горячему» толщина замыкающего слоя может быть меньше по сравнению с обычно применяемой. Здесь она должна выбираться в пределах 1,5 – 2 см, вместо обычных 3 – 4 см. Уплотнение слоя толщиной 1,5 – 2 см не создаёт проблем и опасность колееобразования в слишком толстом, недоуплотнённом слое полностью устранена.

С другой стороны снижение толщины верхнего слоя и исключение необходимости подгрунтовки между слоями даёт значительный экономический эффект, причём этот эффект не за счёт качества. Наоборот, дорожная одежда, устроенная с применением способа «горячее по горячему», служит на много дольше. За счёт устройства жёсткого нижнего слоя, а также использование более жёсткой смеси с повышенной стабильностью к деформациям для устройства замыкающего слоя, срок службы асфальтобетонной дорожной одежды может достигать срока службы бетонных дорог. Конструкции дорожных одежд при старой и новой технологии:



При технологии укладки асфальтобетонных слоёв «горячее по горячему» используются два асфальтоукладчика и загрузчик. Один из асфальтоукладчиков оборудован рабочим органом высокого уплотнения, который позволяет достигнуть уплотнения, очень близкого к параметрам окончательного уплотнения. Загрузчик поочерёдно подаёт смесь а один и другой укладчик. Асфальтоукладчик нижнего слоя оборудован прессующими планками, благодаря которым уплотнение нижнего слоя достигает 98%, как если бы он был укатан до нанесения на него замыкающего слоя. Сцепление и склеивание нижнего и верхнего слоя при укладке «горячее по горячему» значительно превышает их связь, которая было бы достигнута при обычном склеивании вяжущим. Это также способствует увеличению срока службы дорожной одежды.

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ЛИТЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Литой асфальтобетон отличается от обычного своим составом, свойствами, технологией приготовления смеси, укладки и уплотнения. Массовая доля щебня в литом асфальтобетоне обычно равна 50%, минерального порошка – 20%, битума – 8%. Битум применяют только марки 40/60, при этом для ещё большего повышения вязкости в битум добавляют асфальтит. Температура при перемешивании компонентов должна быть не менее 220 – 240°С. Повышенное количество битума и минерального порошка при высокой температуре делают смесь настолько пластичной, что при уплотнении это позволяют обойтись без применения катков.

Наиболее существенными преимуществами литого асфальтобетона являются его плотность и прочность, чем и объясняется повышение сроков службы таких покрытий. Смеси литого асфальтобетона укладывают при температуре 180 – 200°С.

Назначение и выбор покрытий из литого асфальтобетона производят на основании технико-экономических расчётов с установлением конструкции дорожной одежды и подбора состава смеси.

Покрытия из литых асфальтобетонных смесей укладывают по свежееуложенному слою крупно- или среднезернистого плотного асфальтобетона с целью взаимного сцепления обоих слоёв, образования общего монолитного покрытия и обеспечения его сдвигоустойчивости. Литую асфальтобетонную смесь укладывают слоями 3, 5 – 4 см с расходом 80 – 100 кг/м². Литые смеси уплотняют механизированным прижатием профилирующего бруса.

Приготовленную смесь перевозят к месту укладки в специальных котлах. В таких котлах вместимостью 4 – 10 т смесь непрерывно перемешивают во избежание расслаивания. Котлы снабжены теплоизоляцией и оборудованы газовыми горелками. Во время перевозки температуру смеси поддерживают на уровне 220 – 240 °С. На месте укладки котёл устанавливают перед асфальтоукладчиком так, чтобы выпускной лоток при наклоне котла был направлен в приёмный бункер. Машинист котла открывает заслонку, наклоняет котёл, и литая смесь поступает самотёком в приёмный бункер укладчика. Литую смесь укладывают при температуре воздуха не ниже 5°С. Не допускают работу в дождливую погоду и распределение смеси на влажную поверхность. Для укладки литого асфальтобетона применяют асфальтоукладчики, которые оборудованы электронной следящей системой, имеют обогреваемую выглаживающую плиту и приёмный бункер, позволяющий производить выгрузку смеси из передвижных котлов.

Если необходимо использовать несколько укладчиков, то они работают параллельно, опережая один другого на 10 – 15 м. При температуре смежной полосы менее 120°С край её прогрева на ширину 15 см горелками инфракрасного излучения до температуры 220 – 240°С и смазывают битумом.

Немедленно вслед за асфальтоукладчиком равномерным слоем распределяют щебень размером 3 – 5 (8) или 5 – 8 (10) мм, обработанный битумом. После остывания покрытия до 50 – 80°С щебень прикатывают ручным катком массой до 30 кг. Ориентировочный расход щебня 6 – 10 кг/м².

В случае перерыва в работе в конце уложенной полосы устанавливают упорный деревянный брус, по высоте соответствующий высоте слоя.

Иногда используют жёсткий асфальтобетон с массовой долей щебня 50 – 55% при расходе битума сверх 100% минеральной части в количестве 6,5 – 7,5%. Такой асфальтобетон занимает промежуточное положение между литым и укатываемым асфальтобетоном. Преимущество жёсткого литого асфальтобетона заключается в том, что он более вязкий и допускает перевозку в обычных автомобилях-самосвалах без расслаивания в пути, а для его изготовления можно использовать обычные асфальтосмесительные установки. Смесь уплотняют вибротрамбованием. Это способствует быстрому формированию структуры жёсткого литого асфальтобетона и обеспечивает заданную плотность (остаточная объёмная пористость не более 1%). Температура смеси при распределении должна быть в пределах 190 – 220°C. Смесь уплотняют вибротрамбующей плитой асфальтоукладчика. Вслед за укладчиком распределяют щебень в количестве 4 – 7 кг/м², который прикатывают лёгким катком.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ПЛАСТБЕТОНОВ

Благодаря развитию химической промышленности стало возможным применение в качестве вяжущих синтетических веществ, таких, как инденкумароновые и полиэфирные смолы, перхлорвинил и др. Например, инденкумароновая смола бесцветна, и эта особенность позволила создать цветные смеси – цветной асфальт. Для получения ярких цветных покрытий необходимо, помимо красителей, применять нужные по цвету минеральные материалы (например, для красного – щебень из красного гранита). Возможна укладка цветных укатываемых смесей для линий разметки на тротуарах, велодорожках, для оформления городских площадей и т.п. Применение полиэфирных смол обеспечивает получение высокопрочного и водостойкого покрытия. Особенность полиэфирных смол состоит в их несовместимости с водой, поэтому пластбетоны на этих смолах нельзя укладывать на влажное основание, т.к. не произойдёт сцепление с ним, и покрытие быстро растрескается.

Подготовительные работы при строительстве пластбетонных покрытий приобретают важное значение. Необходима особенно тщательная очистка основания от пыли и грязи с применением щёточных машин, пескоструйных аппаратов и специальных растворов с последующим высушиванием поверхности основания. Высушивание проводят дорожными сушилками и разогревателями с горелками инфракрасного излучения.

До постройки пластбетонного покрытия основание должно быть отремонтировано с приданием необходимого поперечного профиля и ровности

с помощью полимерной мастики или пластбетонной смеси. Для лучшего сцепления покрытия с основанием на поверхность последнего путём напыления или разбрызгивания наносят полимерное вяжущее (смола с отвердителем), на котором приготовлен пластбетон. Расход составляет 0,8 – 1 л/м². Подготовку основания к укладке пластбетона проводят только в сухую погоду, когда температура воздуха не ниже 10°С, а влажность не более 60%. Пластбетонную смесь укладывают в холодном состоянии асфальтоукладчиком, а уплотняют катками с гладкими вальцами, сначала лёгкими, потом средними, и затем тяжёлыми. Укладку и уплотнение смесей производят с учётом начала их схватывания, которое в зависимости от количества отвердителя и температуры окружающего воздуха может колебаться от 45 до 90 минут с момента приготовления смеси. При более длительном сроке перевозки ухудшаются условия укладки и уплотнения смеси. Процесс уплотнения должен быть окончен до отверждения полимерного вяжущего.

УСТРОЙСТВО ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ С УЛУЧШЕННЫМИ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Практика показывает, что ДТП распределяются примерно поровну на светлое и тёмное время суток, хотя дневная интенсивность движения составляет 77 – 83% от суточной. Таким образом, вероятность оказаться участником ДТП в тёмное время суток гораздо выше, чем в светлое. Кроме того, ДТП, совершаемые в тёмное время суток, отличаются особой тяжестью. Одной из причин высокой аварийности в тёмное время суток являются плохие условия зрительной работы водителей. Водители работают при неравномерной и низкой яркости рабочего фона, которым является проезжая часть дороги. В поле зрения водителя постоянно возникают блёсткие источники света – фары встречных автомобилей, приводящие к ослеплению. В таких условиях большое значение имеют светотехнические характеристики покрытия. Чем выше яркость покрытия, и чем выше уровень адаптации глаз водителя, тем он менее болезненно воспринимает блёсткость фар встречных автомобилей. Гораздо меньше в этом случае время темновой адаптации глаз после разъезда автомобилей, повышается контрастная чувствительность глаза и увеличивается быстрота различения.

Покрытия с применением органических вяжущих имеют тёмный цвет, а следовательно им присущи описанные выше недостатки. Строительство дорожных покрытий с применением светлого щебня и бесцветного вяжущего (кумароновой смолы) является способом устройства покрытий с улучшенными светотехническими характеристиками. Особенно эффективно применение в

этих целях искусственного щебня типа синопол или дорсил, имеющих помимо высокой прочности (предел прочности при сжатии до 400 мПа) чистый белый цвет и хорошее сцепление с вяжущим (дорсил получен в СССР, синопол зарубежный аналог). В Грузии, в результате обжига халцедона, получен светлый материал, названный «термолит». В БНТУ на кафедре «Автомобильные дороги» также получен светлый щебень посредством спекания дробленого стекла с отходом фосфорного производства фосфогипсом взятых в соотношении 1:3. Коэффициент отражения такого щебня $\rho = 0,8$. Для сравнения: у щебня из карьера «Микашевичи» $\rho = 0,27$.

Применение светлых каменных материалов увеличивает величину отражённого покрытием света, т.е. увеличивает коэффициент отражения:

$$\rho = \frac{K_o}{K_n},$$

где:

K_n – величина падающего от фар светового потока на покрытие;

K_o – величина отражённого покрытием светового потока.

Для улучшения светотехнических характеристик покрытия, т.е. увеличения их яркости, важно отражённый поток распределить в сторону глаз водителя. Это достигается устройством шероховатости на поверхности покрытия.

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА

В период, когда температура воздуха ниже допустимой для строительства асфальтобетонных покрытий, т.е. ниже $+5^{\circ}\text{C}$, необходимо проводить специальные мероприятия по обеспечению качества работ. Зимним считают период между датами наступления и окончания устойчивой отрицательной среднесуточной температуры в районе строительства. При необходимости строительства покрытий при низкой температуре (до -15°C) применяют смеси с наибольшей температурой, допускаемой для них. Работы ведут непрерывно с бесперебойной доставкой смеси на линию. Для уменьшения остывания смесь перевозят в самосвалах большой грузоподъёмности с утеплёнными или обогреваемыми кузовами. Асфальтобетонную смесь в кузове укрывают утепляющими материалами.

Особое внимание уделяют основанию, на которое укладывают горячие смеси: оно должно быть заблаговременно построено (до наступления периода отрицательной температуры) и хорошо уплотнено. Перед укладкой смеси

основание тщательно очищают от грязи, снега и льда. Для облегчения очистки щебёночного основания и придания ему водонепроницаемости по основанию в сухую погоду распределяют жидкий битум или дёготь ($0,5 - 0,6 \text{ л/м}^2$) и не допускают по нему движения. Влажные места перед укладкой смеси высушивают разогревателями или горячим песком.

В холодный период целесообразно устраивать только нижние слои покрытия. Если зимой по такому слою будет открыт проезд, то применяют только плотные смеси или поверх них укладывают защитный слой. Верхние слои укладывают на нижние до их остывания (с сохранением температуры нижнего слоя в пределах $20 - 40^\circ\text{C}$). Для верхних слоёв используют тёплые смеси, приготовленные на разжиженных битумах. Горячие смеси укладывают при температуре не ниже 0°C . Для верхних слоёв лучше применять смеси типов В и Д и обязательно с ПАВ. Смеси укладывают, если скорость ветра при температуре не ниже 0°C не превышает $3 - 5 \text{ м/с}$. Температура горячей смеси на месте укладки должна быть в пределах $150 - 160^\circ\text{C}$, тёплой $80 - 120^\circ\text{C}$. Работы проводят ускоренными темпами с повышенным количеством самосвалов. Выглаживающую плиту асфальтоукладчика прогревают форсункой и держат всё время в подогретом состоянии. Уплотнение смеси ведут по всей ширине покрытия с повышенным числом катков. Быстрое уплотнение – залог успешного строительства при отрицательной температуре.

ОХРАНА ТРУДА ПРИ УСТРОЙСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

До начала работ по строительству асфальтобетонного покрытия участок ограждают и оформляют объезд, по которому направляют движение. Для рабочих, занятых на укладке, намечают безопасные места их работы, а также схему входа и выхода асфальтоукладчика. В ночное время место работ должно быть освещено переносными прожекторами и фонарями. Все рабочие должны иметь спецодежду установленного образца, рукавицы и обувь для работы с горячими материалами. Катки должны быть оборудованы механизированным устройством для смазки вальцов. При одновременной работе двух и более асфальтоукладчиков дистанция между ними должна быть не менее 10 м . Включать катки, асфальтоукладчики и другие машины могут только машинисты, соблюдая соответствующие правила безопасности. Запрещается работа при неисправном звуковом сигнале. Перед пуском асфальтоукладчика необходимо убедиться в исправности конвейерного питателя. Перед опусканием навесной части асфальтоукладчика необходимо убедиться в отсутствии людей сзади машины. Во избежание ожогов при загрузке бункера

смесью нельзя находиться около боковых стенок. При подогреве выглаживающей плиты разжигать форсунку можно только факелом на длинном пруте и не прикасаться к разогретому кожуху над выглаживающей плитой. При изменении направления движения катка, асфальтоукладчика и других машин, подавать предупредительный сигнал. Все инструменты, применяемые для отделки асфальтобетонного покрытия из горячей смеси, подогревают в передвижной жаровне. Запрещён подогрев инструмента на костре. Нельзя выполнять работы перед движущимся катком, автомобилем и другими машинами.

Бригада рабочих, занятая на постройке асфальтобетонного покрытия, должна быть обеспечена передвижным вагоном, который служит укрытием в непогоду, местом хранения аптечки, бака с питьевой водой, инструментов.

При длительном перерыве в работе (6 ч и более) асфальтоукладчики и катки очищают от остатков смеси, осматривают механизмы и устраняют мелкие неполадки. Машины ставят на тормоза в одну колонну. Асфальтоукладчики должны стоять в той последовательности, в какой они начнут работу. С обеих сторон колонны машин устанавливают ограждения с красными сигналами: днем флажки, ночью фонари.

Охраняющему машину сторожу запрещается находиться на рабочих местах машиниста, а также сидеть около катков по направлению движения вальцов.

При работе с асфальтобетонными смесями с добавками полимеров необходимо повышенное внимание к соблюдению правил техники безопасности. Нельзя допускать соприкосновения открытых частей тела с асфальтобетоном. Рабочих и ИТР допускают к работе после прохождения инструктажа и проверки знаний по ТБ, противопожарной защите, правил личной гигиены и оказания помощи при несчастных случаях. Повторный инструктаж и контрольную проверку знаний производят 1 раз в 6 месяцев с соответствующей отметкой в журнале.

ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ПРИЁМКА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Контроль качества – один из обязательных элементов производственного процесса. Контроль качества продукции, работ и услуг в строительстве подразделяется на:

- государственный надзор;
- технический надзор заказчика;
- инспекционный контроль;

- производственный контроль.

Государственный надзор осуществляется органами государственного надзора в соответствии с действующим законодательством.

Технический надзор заказчика осуществляется службой заказчика или, по его поручению, другими организациями, имеющими лицензию на осуществление такой деятельности.

Инспекционный контроль осуществляется аккредитованными органами по сертификации, выдавшими организации сертификат на продукцию, работы и услуги в строительстве.

Производственный контроль осуществляется службами строительной организации. Он, в свою очередь, включает входной, операционный и приёмочный контроль.

Основной задачей контроля качества устройства слоёв дорожной одежды является своевременное выявление несоответствий при производстве работ, требованиям нормативно-технической и проектной документации.

Каждое организационное звено, участвующее в производстве, должно контролировать правильность реализации запланированных им действий. За качество сооружаемого объекта несёт ответственность строительная организация, выполняющая работы.

На стадии входного контроля проверяют соответствие составляющих асфальтобетонную смесь материалов (щебня, песка, минерального порошка) стандартам, подбирают состав смеси. Входной контроль выполняют производственные лаборатории предприятия.

В процессе строительства ведут непрерывный контроль за всеми элементами дорожной одежды, проверяя ровность, плотность и чистоту основания. Правильность установки боковых упоров или направляющих струн при автоматизированной укладке.

Операционный контроль осуществляют в процессе выполнения и по завершении технологической операции. Он должен обеспечивать своевременное выявление дефектов, а также причин их возникновения. При операционном контроле проверяют соблюдение проектной документации. Операционный контроль качества выполняют производители работ и мастера, самоконтроль осуществляют бригадиры и непосредственные исполнители. Для регламентации контроля в состав проекта производства работ в технологических картах приводят схемы операционного контроля. Схема содержит эскизы конструкций с указанием допусковых отклонений и необходимой точности измерений, требования к качеству материалов, перечень

контролируемых технологических операций, данные о составе, сроках и способах контрольных измерений.

Выходной контроль выполняют для проверки свойств готовой продукции, оценки её качества. Качество работ оценивают по степени отклонения фактически измеренной величины от требуемой.

Схема управления качеством строительства асфальтобетонных оснований и покрытий охватывает все технологические операции: приготовление, транспортирование и укладку асфальтобетонной смеси. В процессе приготовления асфальтобетонной смеси контролируют количество составляющих компонентов, температуру минеральных материалов после сушки в барабане, вяжущего в резервуаре. Определяют температуру готовой смеси и физико-механические свойства асфальтобетона путём испытания образцов.

Качество продукции оценивают по однородности контролируемого параметра. Так, коэффициентов вариации C при контроле температуры готовой смеси не должны превышать 0,14, прочности при сжатии 0,17, водонасыщения 0,354, при этом отклонение количества составляющих компонентов от нормативных значения не должно превышать %: для щебня 3, песка 3, минерального порошка 2,5, битума 1.

На месте укладки асфальтобетонной смеси постоянно проводят контроль: температуры, количество укладываемой смеси, толщины слоя, поперечного уклона, ровности, плотности, прочности, однородности асфальтобетонного покрытия по плотности и прочности.

Обеспечение требуемых геометрических размеров асфальтобетонного покрытия добиваются настройкой рабочих органов асфальтоукладчиков, при этом ширина покрытия не должна отличаться от проектной более чем на 10 см, толщина слоя – на 10%, а поперечный уклон – не более чем на 5%. Требуемые физико-механические свойства достигают в процессе уплотнения соблюдением технологической последовательности выполнения этой операции.

МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И ПРИЁМКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Для контроля качества строительства асфальтобетонных покрытий необходимы операционные методы, обеспечивающие получение экспресс информации на всех этапах строительства. К операционным методам контроля относят акустические и радиационные. Если их нет в наличии, оценку качества осуществляют по результатам механических испытаний отформованных образцов или образцов, взятых из покрытия.

Контроль ровности покрытия. Ровность асфальтобетонных покрытий и оснований при распределении и уплотнении смеси оценивают по просвету между их поверхностью и нижней плоскостью рейки размером 4x10x300 см, которую укладывают в продольном направлении по оси и в 1 м от кромки проезжей части. При измерении неровностей на покрытиях 95% промеров должны иметь просвет не более 5 мм, просветы свыше 5 мм допускают в единичных случаях, они могут составлять не более 5%, при этом максимальных просвет не должен превышать 10 мм. При работе машин с автоматической системой задания вертикальных отметок просветы не должны превышать соответственно 3 и 6 мм.

Контроль плотности. Для контроля плотности асфальтобетонных оснований и покрытий широкое применение получили радиационные методы. Физической основой измерения плотности является рассеивание и поглощение гамма-излучения атомами элементов, входящих в состав асфальтобетона. При взаимодействии гамма-квантов с электронной оболочкой атома, движущийся гамма-квант теряет часть своей энергии и изменяет направление движения. Изменившуюся энергию регистрируют счётчики. Чем больше плотность асфальтобетона, тем больше энергии при этом они теряют. По полученным измерениям на градуировочном графике определяют плотность асфальтобетона.

При отсутствии приборов для операционного контроля плотности испытывают керны или вырубку, взятые из покрытия. С каждых 7000 м покрытия или основания отбирают не менее трёх проб через 10 суток после строительства и открытия движения автомобилей. Коэффициент уплотнения определяют по отношению средней плотности образца кернов или вырубок, взятых из покрытия ρ , к средней плотности перестроенных образцов ρ_n из тех же вырубок или кернов:

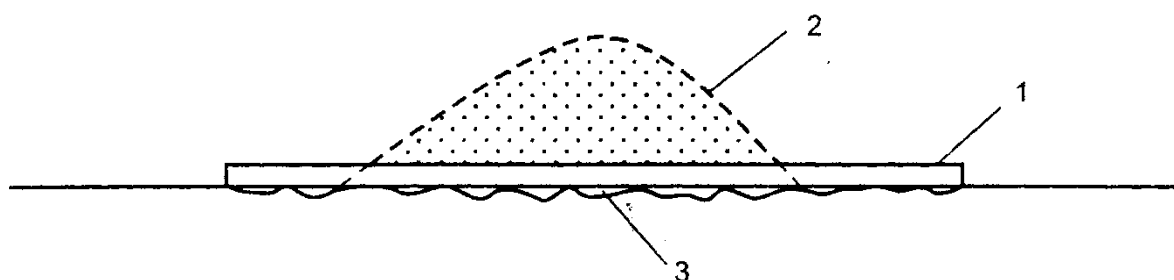
$$K = \rho / \rho_n.$$

При оценке плотности неразрушающими методами коэффициент уплотнения определяют как отношение средней плотности покрытия к нормативной. Коэффициент уплотнения из горячих и тёплых смесей должен быть для нижнего слоя не менее 0,98, а для верхнего слоя из смеси А и Б – 0,99; В, Г, Д – 0,98.

Кроме контроля плотности, при отборе проб из покрытия измеряют толщину слоёв и визуально оценивают прочность сцепления между слоями покрытия и основания. Керны и перестроенные образцы из вырубок

испытывают на сжатие и определяют соответствие прочности асфальтобетона нормативным значениям.

Контроль параметров шероховатой поверхности покрытия и коэффициента сцепления. Такое испытание проводят по методу «песчаного пятна». При этом определяют среднюю высоту шероховатости поверхности покрытия $h_{\text{ср}}$. Для этой цели на покрытие в месте определения параметров шероховатой поверхности из мерного стаканчика, наполненного сухим песком с размером зёрен от 0,14 до 0,63 мм, высыпают песок объёмом 10 или 25 см³. Затем круговыми движениями диска диаметром 100 мм, заполняя все впадины шероховатости, распределяют песок по поверхности покрытия, создавая круг – «песчаное пятно»:



На рисунке: 1 – диск; 2 – песок; 3 - покрытие

В случае получения «песчаного пятна» неправильной формы производят измерения большего и меньшего диаметров и вычисляют среднее значение. Средняя высота шероховатой поверхности:

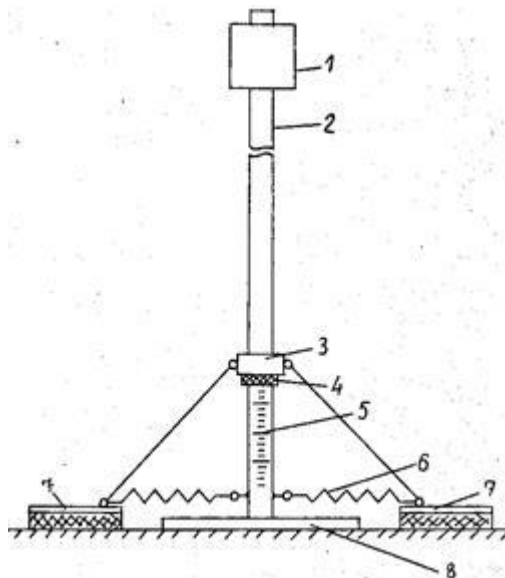
$$h_{\text{ср}} = V / F,$$

где:

V – объём песка;

F- площадь круга.

Комплексной оценкой качества шероховатой поверхности является коэффициент сцепления между колесом автомобиля и асфальтобетонным покрытием. Для оперативного контроля сцепных качеств покрытия может быть использован прибор ППК (портативный прибор Кузнецова).



При работе с прибором резиновые имитаторы **7** находятся на 10 – 12 мм выше покрытия. При падении груза **1** массой 9 кг с высоты 1,8 м он ударяется о муфту **3**. Последняя с помощью толкающих тяг, преодолевая сопротивление пружины **6**, заставляет имитаторы **7** скользить по покрытию. Конечное перемещение имитаторов, характеризующее сцепные качества покрытия, определяют по положению регистрирующей шайбы **4** на измерительной шкале **5** на опорной штанге **2**.

Оценка прочности дорожных одежд в процессе строительства.

Прочность дорожной одежды – это её способность сохранять необходимую ровность и сплошность поверхности в течение заданного срока службы под воздействием многократно повторяющихся нагрузок от движущихся автомобилей и природно-климатических факторов. При проектировании дорожной одежды используют следующие расчётные показатели:

- допустимый упругий прогиб или вычисляемый по его значению модуль упругости;
- прочность по сдвигу асфальтобетонного покрытия;
- прочность по сдвигу в грунте земляного полотна или слабосвязных слоях дорожной одежды;
- прочность монолитных слоёв на растяжение при изгибе.

Прочность асфальтобетонного покрытия на сдвиг может быть обеспечена правильным подбором состава смеси. Что касается общей прочности дорожной одежды, то её определяют три остальных показателя. Из них обобщающую роль играет упругий прогиб. В связи с этим упругий прогиб под нагрузкой обычно применяют при проведении испытаний по оценке прочности дорожной

одежды. Следует отметить также относительную простоту измерения упругого прогиба дорожной одежды. По величине упругого прогиба вычисляют модуль упругости дорожной одежды, используя следующую зависимость:

$$E = a \frac{PD}{l} (1 - \mu^2),$$

где:

a – показатель, учитывающий особенности воздействия площадки, передающей нагрузку на испытываемый слой (при испытаниях грунта земляного полотна и песчаного слоя, жёстким штампом $a = A / 4$; при испытаниях грунта земляного полотна гибким штампом, а также при испытаниях твёрдых слоёв как жёстким, так и гибким штампом – $a = 1$);

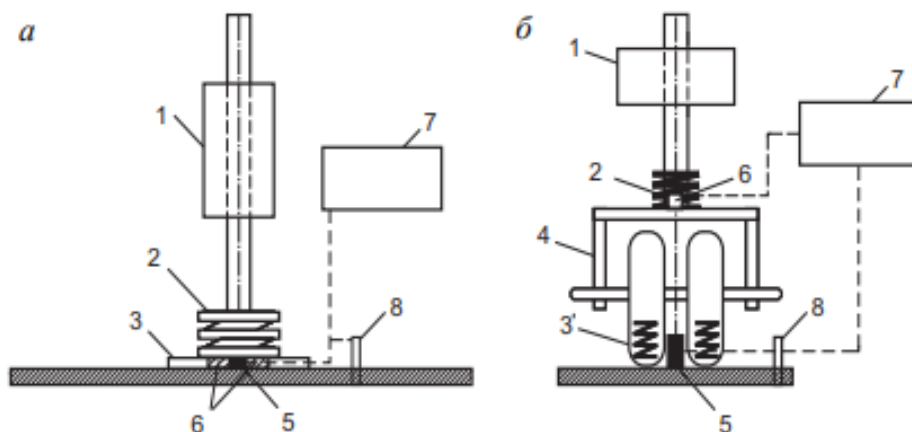
P – среднее удельное давление, передаваемое в процессе испытания слою дорожной одежды, Па;

D – диаметр круга, равновеликого площади, передающей нагрузку, м;

l – упругий прогиб дорожной одежды, м;

μ – коэффициент Пуассона ($\mu = 0,3$ при испытаниях дорожной одежды и твёрдых конструктивных слоёв, $\mu = 0,25$ при испытаниях грунта земляного полотна и песчаного слоя)

Оборудование для испытания дорожной одежды при оценке их прочности разделяют на оборудование статического и динамического нагружения. Оборудование статического нагружения в большей степени соответствует местам остановок и стоянок автомобилей. Динамическое нагружение соответствует кратковременному воздействию движущегося автомобиля. Поскольку движущиеся автомобили характерны для перегонных участков, составляющих более 90% протяженности современных автомобильных дорог, наиболее перспективно применение для испытаний установок динамического нагружения, которые могут быть с жёстким и гибким штампом (площадкой, передающей нагрузку). Принципиальные схемы таких установок следующие:



Динамическое усилие возникает в результате сбрасывания груза **1** на амортизатор в виде стальной пружины **2** или пневматического колеса **4**. Возникающий при этом прогиб дорожной одежды под жёстким штампом **3** (рис. а) или колесом **3'**, измеряют специальными датчиками. Установка динамического нагружения с передачей усилия через пневматическое колесо (гибкий штамп рис. б) создаёт условия испытаний, более близкие к воздействию автомобиля, чем установка с жёстким штампом.

В процессе операционного контроля качества строительства для устранения возможных недостатков, снижающих прочность дорожной одежды, например недостаточного уплотнения, испытания следует проводить послойно, начиная с грунта земляного полотна. Модуль упругости на поверхности каждого слоя берут из проекта. Указанные модули упругости соответствуют периоду наибольшего ослабления дорожной одежды, который в районах сезонного промерзания грунта наступает весной. Испытания по оценке прочности дорожной одежды в процессе строительства обычно по времени не совпадают с периодом наибольшего ослабления. Поэтому в численные значения модулей упругости на поверхности слоёв должны быть введены поправки, учитывающие конкретные значения модулей упругости грунта земляного полотна, полученные при испытаниях.

ОБСТАНОВКА ПУТИ

Обстановка пути – это комплекс сооружений и устройств, предназначенных для нормальной эксплуатации автомобильной дороги и обеспечения безопасного движения автомобильного транспорта. Обстановка пути включает:

- ◆ обустройство для обслуживания дороги;
- ◆ обустройство дороги для обеспечения безопасности движения.

1. К обустройству для обслуживания дороги относят сооружения, цель которых обеспечить бесперебойное движения транспорта по дороге. Это снегозащитные устройства, снегозащитные насаждения, защитные сооружения.

Снегозащитные устройства представляют собой заборы постоянного типа или временного типа, устанавливаемые в зимний период. Заборы различают: задерживающие, не допускающие снег к дороге, и передвигающиеся, ускоряющие движение снега, предотвращая его отложение на дорожном полотне. Заборы располагают на участках с недостаточно высокими насыпями, неглубокими выемками, где могут возникать снежные заносы.

Снегозащитные насаждения имеют то же назначение, что и заборы и представляют собой защиту постоянного типа. В зависимости от снегоприноса, измеряемого в кубических метрах на метр длины дороги, снегозащитные полосы устраивают из нескольких рядов деревьев. Важен выбор посадочного материала для снегозащитных полос из соображения создания плотных не продуваемых защит. В Беларуси наиболее широко используют ель.

Защитные сооружения. К защитным сооружениям относятся подпорные стены, которые устанавливают для защиты от сползания грунтов на крутых откосах. Они могут быть различной конструкции с применением разнообразных материалов (каменной кладки, монолитного бетона, сборных бетонных плит).

2. Обустройство дороги для обеспечения безопасности движения включает связь для вызова помощи в случае ДТП или поломки машины.

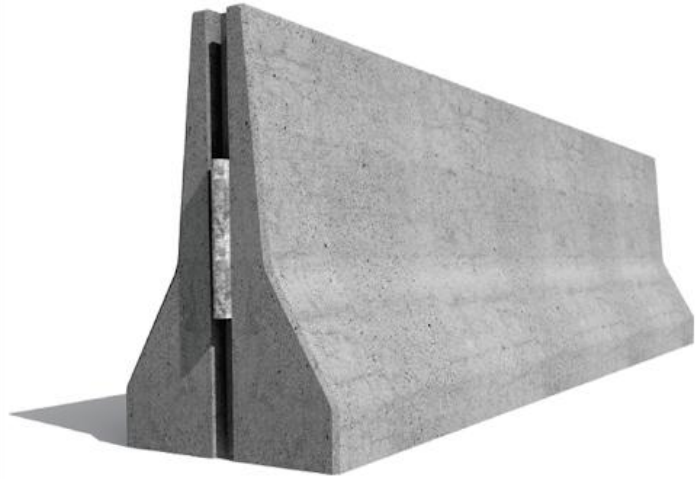
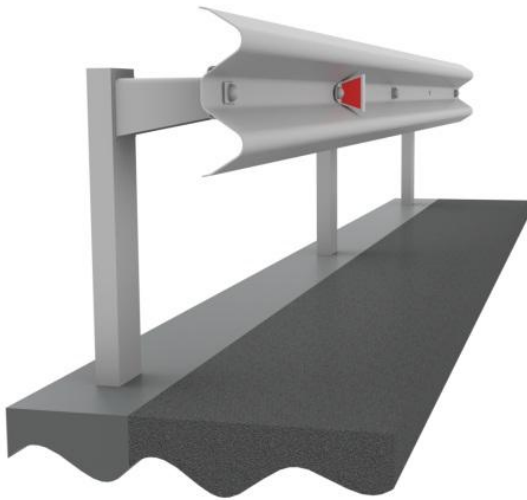
Медицинская помощь. При ДРСУ должен быть пункт с дежурным для принятия вызова. Возможно прикрепление вызывного табло к ближайшей поликлинике, больнице и т.д.

Техническая помощь. При одном из ДРСУ оборудуют помещение для дежурного, принимающего вызовы, гараж для автомобиля, выезжающего на вызов, мастерскую и склад для разбитых автомобилей. Посты ГАИ для контроля движения. Освещение должно быть на участках автомобильных дорог I категории с расчётной интенсивностью движения более 10000 авт/сут. И на пересечениях дорог I и II категорий с автомобильными или железными дорогами. Ограждение дорог устанавливают во всех случаях, когда предусматривают насыпи выше 1,5 – 2 м с крутыми откосами или прокладывают дорогу по крутым косограм. Ограждения применяют следующих типов:

■ ориентирующие – в виде бетонных или чугунных надолб и лёгких перил, не способных удержать автомобиль от съезда с дороги, но ориентирующих водителей о том, что дорога проходит в небольшой насыпи или на кривой;

■ удерживающие – в виде каменных (парапеты), бетонных и железобетонных стен, массивных железобетонных тумб или металлических столбов, с натянутыми между ними тросами (назначение удерживающих ограждений – не допустить падения автомобиля с дороги);

■ отбойные, отклоняющие автомобиль в сторону проезжей части. Их устраивают из упругих гофрированных стальных лент, сеток, труб или в виде специального профиля железобетонных стен. Бетонные ограждения в последнее время получают большое распространение, благодаря значительному сроку службы и возможности установки машинами.



Ограждения на разделительных полосах предназначены не допустить переезда автомобилей с одной проезжей части на другую.

Дорожные знаки устанавливают в соответствии с планом, приведённым в проекте дороги. Опоры для знаков могут быть в виде железобетонных столбов или металлических труб диаметром около 10 см.

Разметка – это полосы, наносимые на покрытие, бордюры и другие выступающие места, чтобы упорядочить движение транспорта в целях повышения его безопасности. Полосы наносят с помощью специальных машин красками преимущественно белого и жёлтого цвета. На дорогах с интенсивным движением линии приходится возобновлять 2 раза в год. Поэтому получают применение термопластические массы (термопласт). Их наносят толщиной 5 – 8 мм. На двух полосных дорогах разметка состоит из осевой линии и двух краевых.

Дорожки для велосипедного движения сооружают вдоль дорог с интенсивностью движения более 2000 авт. / сут. При интенсивности более 250 велосипедов (мопедов) в сутки. Ширину велосипедной дорожки для одностороннего движения назначают в 1 м.

Пешеходные дорожки устраивают на участках автомобильной дороги с интенсивностью более 2000 авт / сут., на которых интенсивность пешеходного движения не менее 500 чел. / сут.. В населённых пунктах для пешеходов сооружают тротуары на обочинах, лучше в стороне от полотна дороги. Дорожки для велосипедов и пешеходов располагают с каждой стороны проезжей части. Для велосипедистов переезды через проезжую часть должны быть обозначены разметкой и световыми сигналами.

Одежда для дорожек при небольшом движении может быть из грунта. При суглинистых и глинистых грунтах дорожки укрепляют местными

минеральными материалами, такими как песок, гравий, шлак, щебень. Целесообразно применять материал, обработанный органическим вяжущим.

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ ДОРОЖНОГО И ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Здания и сооружения дорожного и транспортного обслуживания включает:

1. здания и устройства дорожной эксплуатационной службы;
2. сооружения для обслуживания транспортных средств;
3. обустройство дороги для обслуживания проезжающих.

1. Здания и устройства для дорожной эксплуатационной службы часто называют линейными. К ним относятся:

- ◆ здания для областного управления строительством и эксплуатацией дорог;
- ◆ дорожные ремонтно-строительные управления (ДРСУ) на дорогах через 300 км;
- ◆ дорожно-эксплуатационные участки (ДЭУ) через 100 – 150 км;
- ◆ дорожно-ремонтные пункты (ДРП) через 20 – 100 км.

Все дорожные линейные здания должны быть в одном архитектурном стиле, отличаясь от других строений, расположенных вдоль дороги, что позволяет быстро отыскать дорожные службы. Каждый из перечисленных объектов, как правило, содержит административно-бытовой корпус, гаражи, мастерские, склады для материалов и другие постройки.

2. Сооружения для обслуживания транспортных средств – это АЗС, СТО, грузовые автостанции, перецепные пункты. АЗС на дорогах I категории должны быть двухсторонние, на остальных дорогах – односторонние. Расстояния между АЗС и их мощность установлены нормами в зависимости от интенсивности движения. Так, например, при интенсивности движения 25000 и более авт./сут. Мощность АЗС, т.е. число заправок в сутки, должно быть 1000 и устанавливаются такие АЗС на расстоянии 30 км. АЗС, как правило, включает в себя мойки, небольшие магазинчики, кафе.

Станции технического обслуживания (СТО) часто совмещают с мотелями и дорожными линейными организациями. По нормам, например, на дорогах с интенсивностью более 25000 авт./сут расстояние между СТО в зависимости от их мощности 50 – 100 км. Они также устраиваются на дорогах I категории двухсторонними, на остальных категориях односторонними. Вблизи больших

городов на площадках для стоянки автомобилей устраивают смотровые бетонные эстакады.

3. Обустройство дороги для обслуживания проезжающих – это автовокзалы, автостанции, мотели, автобусные остановки, общежития для водителей, лагеря для туристов (кемпинги), рестораны, буфеты и кафе, площадки отдыха, мусоросборники. Автовокзалы располагают в больших городах или на узлах магистральных дорог в расчёте на 10-летнюю перспективу обслуживания в сутки более 1000 пассажиров дальнего следования. Автостанции могут быть меньшими по размерам; их располагают вблизи небольших городов.

Как автовокзалы, так и автостанции занимают территорию, на которой располагают здание автовокзала или автостанции, площадку для стоянки автомобилей, подвозящих на вокзал пассажиров и их груз, платформы ожидания и посадки пассажиров в автобусы, площадки для отстоя автобусов, мастерские для текущего ремонта и профилактики автобусов и автозаправочную станцию. Здание вокзала может быть двух – трёхэтажным и включает помещение для ожидания автобусов, ресторана, буфетов, касс, парикмахерской, почтового отделения, киосков для продажи мелких товаров, помещения для матерей с малолетними детьми, иногда спальные места для пассажиров, помещения для служащих, места хранения багажа, туалеты и др. Мотели с площадками для стоянки автомобилей располагают у городов, в курортных зонах, у исторических архитектурных памятников и около мест, привлекающих значительные потоки автотуристов в количестве 100 и более легковых автомобилей и автобусов в сутки. В состав мотеля входят: гостиница для проезжающих, гараж или площадь для стоянки автомобилей (открытая или охраняемая), мастерские для профилактического осмотра и текущего ремонта автомобилей. Иногда мотели совмещают со станциями обслуживания и с АЗС.

Автобусные остановки оборудуются павильонами. Они должны быть архитектурно оформлены, различаться по внешнему виду, должны быть легко возводимы.

Общежития для водителей грузовых автомобилей, совершаемых дальние рейсы, размещают около станции обслуживания или вблизи других комплексов. Здания для них рассчитывают с учётом интенсивности транзитного движения. Лагеря для туристов (кемпинги) устраивают в местах, наиболее посещаемых туристами. Различают три типа кемпингов. Первый тип представляет собой ограждённую территорию, на которой туристы ставят автомобили и палатки. На территории кемпингов должны быть водопровод или артезианская скважина, мусоросборники и туалеты. Второй тип кемпингов

включает общественные помещения: кухню, хранилище для продуктов с холодильниками, столовую, клуб. Третий вид кемпингов представляет собой территорию, занятую коттеджами, в которых проживают туристы, площадками для стоянки автомобилей и другими постройками из второго типа.

Рестораны могут входить в какой-либо комплекс (гостиница, мотель, станция обслуживания, общежитие) или представлять собой самостоятельное хозяйство. Как рестораны, так и столовые, должны включать необходимый состав помещений и подсобных служб и складов.

Буфеты и кафе для быстрого самообслуживания и приобретения полуфабрикатов располагают вблизи дорожных и транспортных комплексов или населённых пунктов, где отсутствуют рестораны и столовые.

Площадки отдыха размещают через 5 – 10 км друг от друга. Их разделяют на три группы: панорамные (на берегу озера или реки, на закруглениях дорог и т.д.); пейзажные (в живописных местах); историко-монументальные.

Мусоросборники должны быть постоянного типа с вставляемым внутрь баком. Для свалки собранного мусора используют выработанные карьеры, ликвидируемые овраги и т.п.

**СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ОБЛЕГЧЕННОГО,
ПЕРЕХОДНОГО И НИЗШЕГО ТИПОВ**

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ КАТЕГОРИЙ (VI-A И VI-B). ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Автомобильные дороги низших категорий могут устраиваться для соединения между собой объектов типа малых населённые пункты, садоводческие товарищества и т.п., а также соединения этих объектов с автомобильными дорогами более высоких категорий. В соответствии с СН 3.03.04-2019 «Автомобильные дороги» к автомобильным дорогам низших категорий относят категории VI-а и VI-б.

Автомобильные дороги низших категорий устраивают при интенсивности движения:

Категория дороги	Расчётная интенсивность движения, ед./сут/	Расчётная скорость, км/ч
VI-а	От 25 до 100 включительно	40
VI-б	До 25 включительно	30

Параметры проезжей части, земляного полотна и обочин дорог низшей категории:

Категория дороги	Ширина, м		
	Земляное полотно	Проезжая часть	Обочина
VI-а	6,5	3,5	1,5
VI-б	4,5	3,0	0,75

При проектировании автомобильных дорог низшей категории руководствуются следующим:

1. Трасса дороги должна следовать преимущественно сложившимся направлениям;
2. Продольный профиль дороги рекомендуется проектировать по обёртывающей линии;
3. Площади ценных земельных угодий и ущерб окружающей среде должны быть минимальными;
4. Полоса отвода определяется линиями, проведёнными на расстоянии 1 м от подошвы насыпи, наружной бровки кювета или выемки;
5. При проектировании дорожной одежды необходимо максимально использовать местные материалы, а также отходы производства и строительства.
- 6.

ТИПЫ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НА ДОРОГАХ НИЗШИХ КАТЕГОРИЙ

Дорожные одежды, устраиваемые на дорогах низших категорий, подразделяются на типы в зависимости от типа покрытия.

Тип дорожной одежды	Виды покрытий	Категория
1	2	3
Низший	- профилированные грунтовые дороги; - из оптимальных грунтовых смесей; - из грунтов, улучшенных скелетными добавками.	VI-б
Переходной	- щебёночно (гравийно) - песчаные; - из щебня прочных пород, устроенное по способу заклинки; - мостовые; - из грунта, укрепленного вяжущими материалами.	VI-а

Дорожные одежды низшего типа строятся обычно без специального основания и относятся к разряду грунтовых, т.е. таких, которые в основном строят из местного грунта, иногда уплотнённого или улучшенного на различную толщину добавками. Поперечный профиль преимущественно серповидный.

Дорожные одежды переходного типа часто возводятся как первый этап дорожной одежды с усовершенствованными покрытиями с тем, чтобы через несколько лет они послужили для них основанием. Земляное полотно возводится в полном соответствии с требованиями в отношении возвышения его над УГВ и поверхностью земли с учётом возможной заносимости снегом. Тщательно соблюдаются требования к водоотводу (кюветы вдоль земляного полотна, отводные каналы, дорожные трубы). В неблагоприятных гидрологических условиях применяют дренажные устройства и изолирующие слои для защиты покрытия от переувлажнения грунтовыми водами. Поперечный профиль преимущественно корытный или полукорытный. Может устраиваться и серповидный.

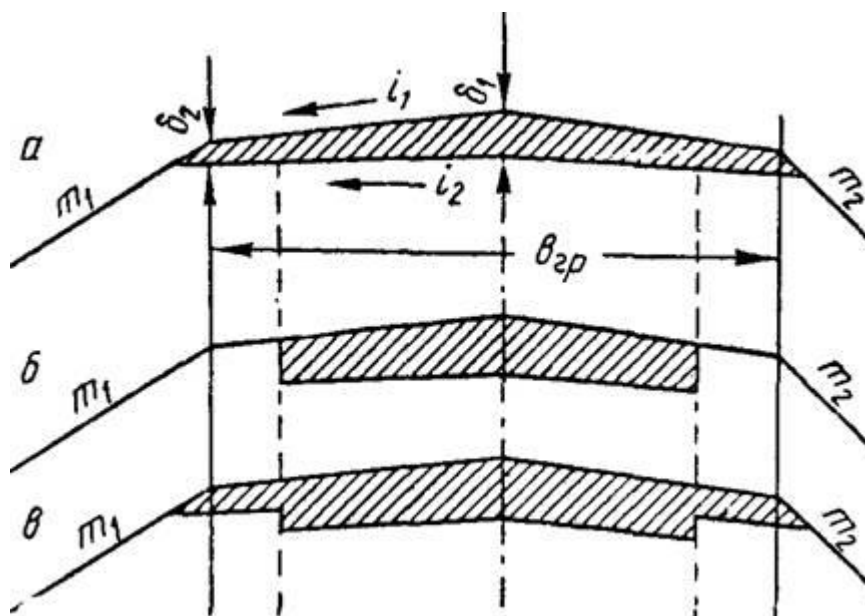


Рисунок – Поперечные профили:
 а – серповидный; б – корытный; в – полукорытный.

Материалом для покрытия служат щебень, гравий, булыжник, колотая шашка, металлургические шлаки, цемент, битумные эмульсии и др.

ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ НИЗШЕГО ТИПА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Дорожные одежды низшего типа имеют покрытия простейшего типа: это покрытия из грунта (профилированные грунтовые дороги), покрытия из оптимальных грунтовых смесей, и покрытия из грунтов, улучшенных скелетными добавками (щебнем, гравием, шлаком и другими местными материалами). Такие покрытия применяют на дорогах с низкой интенсивностью движения, а также на дорогах, используемых в течение ограниченного периода времени (лесозаготовительные, карьерные, временные дороги при строительстве объектов и т.д.).

Покрытия простейшего типа обладают низкими эксплуатационными качествами – на них быстро образуются колеи, много пыли в сухое время года, существенно ухудшается проезд в дождливые периоды. Они требуют больших затрат на содержание (требуется постоянное выравнивание, обеспыливание), но стоимость строительства таких покрытий незначительна. Низкая стоимость обуславливается применением местного грунта в качестве основного материала для строительства покрытий.

Практика показывает, что более 80% протяжённости автомобильных дорог проходит в грунтах, содержащих в разных количествах пылеватые и глинистые частицы, иногда с небольшим содержанием песчаных зёрен. 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 50 см. Поэтому возможность использования большинства наиболее распространённых 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. Уплотнённый 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. Увлажнение грунтового слоя можно избежать, предусматривая водонепроницаемые слои в основании и на поверхности уплотнённого грунта.

Более эффективным способом повышения прочности грунтов является улучшение их минеральными добавками.

ПРОФИЛИРОВАННЫЕ ГРУНТОВЫЕ ДОРОГИ

Если имеется хороший поверхностный сток и отсутствует снегозаносимость, профилированные грунтовые дороги возводятся в нулевых отметках по обертывающему профилю. На снегозаносимых участках, участках с отсутствующим поверхностным стоком, а также при близком залегании грунтовых вод, такие дороги строятся на повышенном земляном полотне с обеспечением требований минимального возвышения над УГВ и поверхностью земли.

При возведении дороги в нулевых отметках, поверхности придают серповидный профиль и устраивают кюветы. Кюветы глубиной не менее 0,4 м с уклоном не менее 5‰.

Поперечный уклон в пределах проезжей части устраивают равным 20 - 30‰, а на обочинах – 30 - 50‰.

Устройство профилированной грунтовой дороги включает следующие операции:

1. Очистка дорожной полосы. Для очистки применяют бульдозеры, кусторезы, бензопилы и другие машины и механизмы.
2. Разрыхление поверхности для облегчения последующей работы машин, профилирующих земляное полотно. Разрыхление выполняют только на участках, где это необходимо (глинистые или гравелистые грунты). Для рыхления применяют рыхлители или плуги, цепляемые к трактору или к другим дорожным машинам типа автогрейдер.

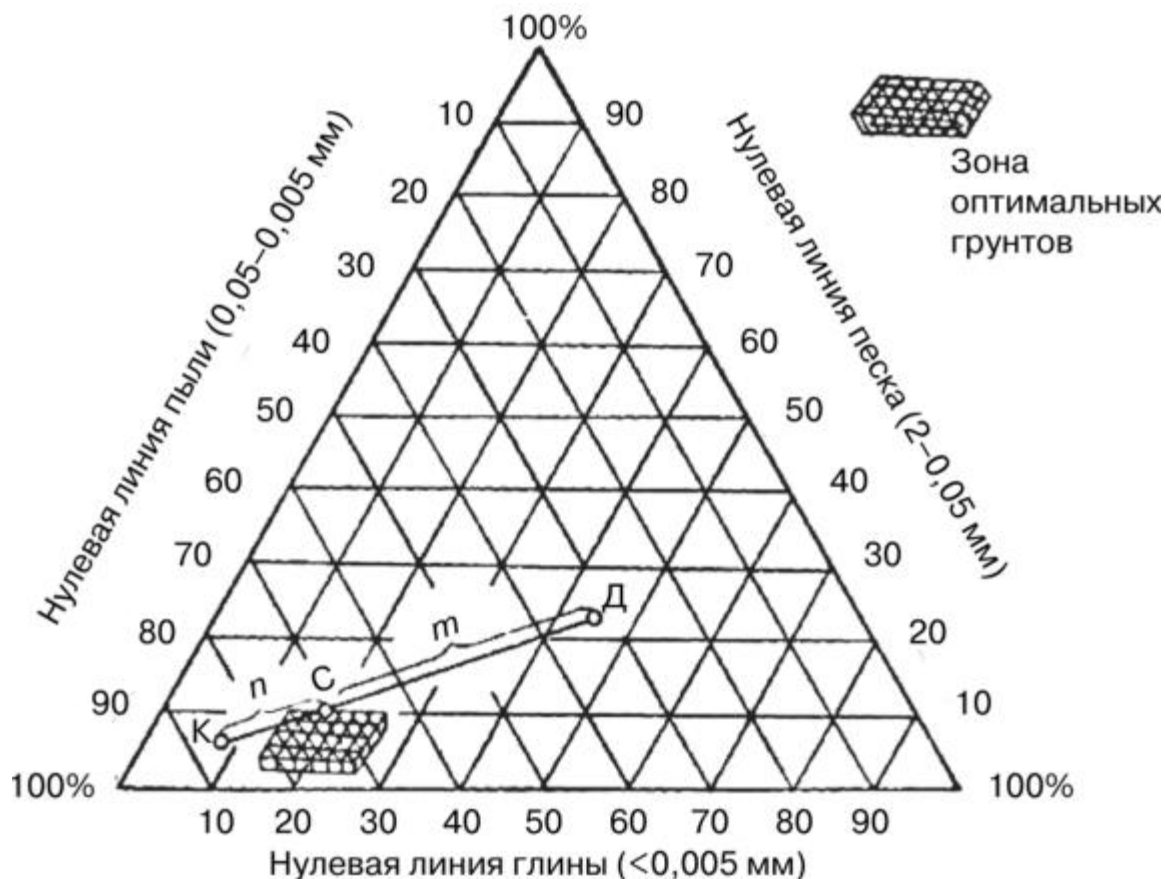
3. Выравнивание дорожной полосы в продольном направлении и подсыпка подходов к малым искусственным сооружениям. Применяют бульдозеры, грейдеры, скреперы.
4. Профилирование земляного полотна для создания нужного поперечного профиля с треугольными или трапецеидальными кюветами. Выполняют эту операцию автогрейдером.
5. Уплотнение верхнего слоя земляного полотна. Используются катки на пневматических шинах, а также гладкие, кулачковые и ребристые катки массой 5 – 6 т. Выбор катка осуществляют в зависимости от типа грунта, его влажности, начальной и требуемой плотности. Предпочтительно использовать катки на пневмошинах.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ГРУНТОВЫХ СМЕСЕЙ

Поддержание профилированных грунтовых дорог в проезжем состоянии требует регулярного их профилирования. Улучшить свойство существующего грунта можно за счёт создания оптимальных грунтовых смесей, т.е. смесей, обладающих наименьшей пористостью и наибольшей прочностью. Крупные промежутки между песчаными зёрнами в оптимальных смесях заполнены более мягкими пылеватыми частицами. Глинистые частицы обеспечивают сцепление всей массы грунта. Оптимальные грунтовые смеси по своему составу приближаются к природным супесям. Оптимальные грунтовые смеси (ОГС) получают путём смешивания не более двух разновидностей грунтов. Например, к исходным песчаным грунтам добавляют суглинистый грунт, а к тяжелосуглинистым, пылеватым и глинистым грунтам добавляют песчаный или гравелистый материал.

Грансостав ОГС можно подобрать методом треугольных координат. Этот метод основан на свойстве равнобедренного треугольника, сущность которого в том, что если из какой-либо точки внутри треугольника опустить перпендикуляры на его стороны, то сумма этих отрезков всегда равна высоте треугольника.

Для того, чтобы изобразить грансостав грунта точкой внутри треугольника, высоты делят на 10 частей и из полученных точек перпендикулярно высоте проводят линии, которые делят стороны треугольника также на 10 частей. Приняв 1 часть за 10% получают шкалу на каждой стороне треугольника, характеризующую процентное содержание песчаных, пылеватых и глинистых частиц.



На основании теоретических и экспериментальных исследований предложено для оптимальной смеси следующее содержание частиц:

- глинистых – 7 – 14%;
- пылеватых – 15 – 35%;
- песчаных - > 55%.

Чтобы установить возможность получения оптимальной смеси из двух имеющихся грунтов и рассчитать процентное содержание её компонентов, внутри треугольника наносят пределы оптимальной смеси, которые изобразятся в виде пятиугольника, показывающего границы оптимального гранулометрического состава грунта. Затем наносят зерновой состав исходных грунтов (точки Д и К). Если прямая линия, соединяющая эти точки, пересекает пятиугольник, то из этих грунтов можно составить оптимальную смесь. Процентное содержание грунтов Д и К в смеси определяется отрезками m и n, где точка С характеризует грансостав искомой оптимальной смеси. После измерения длин отрезков КД и m рассчитывают содержание компонентов грунтовой смеси:

- содержание грунта К

$$K = \frac{n}{KD} \cdot 100\%;$$

- содержание грунта Д

$$D = \frac{m}{KD} \cdot 100\%.$$

В зависимости от толщины покрытие может быть серповидного или полукорытного профиля. При толщине около 15 см устраивают серповидный профиль, при большей толщине – полукорытный. На отдельных участках может устраиваться корытный профиль. Технологический процесс устройства покрытия из грунта подобранный состава включает следующие операции:

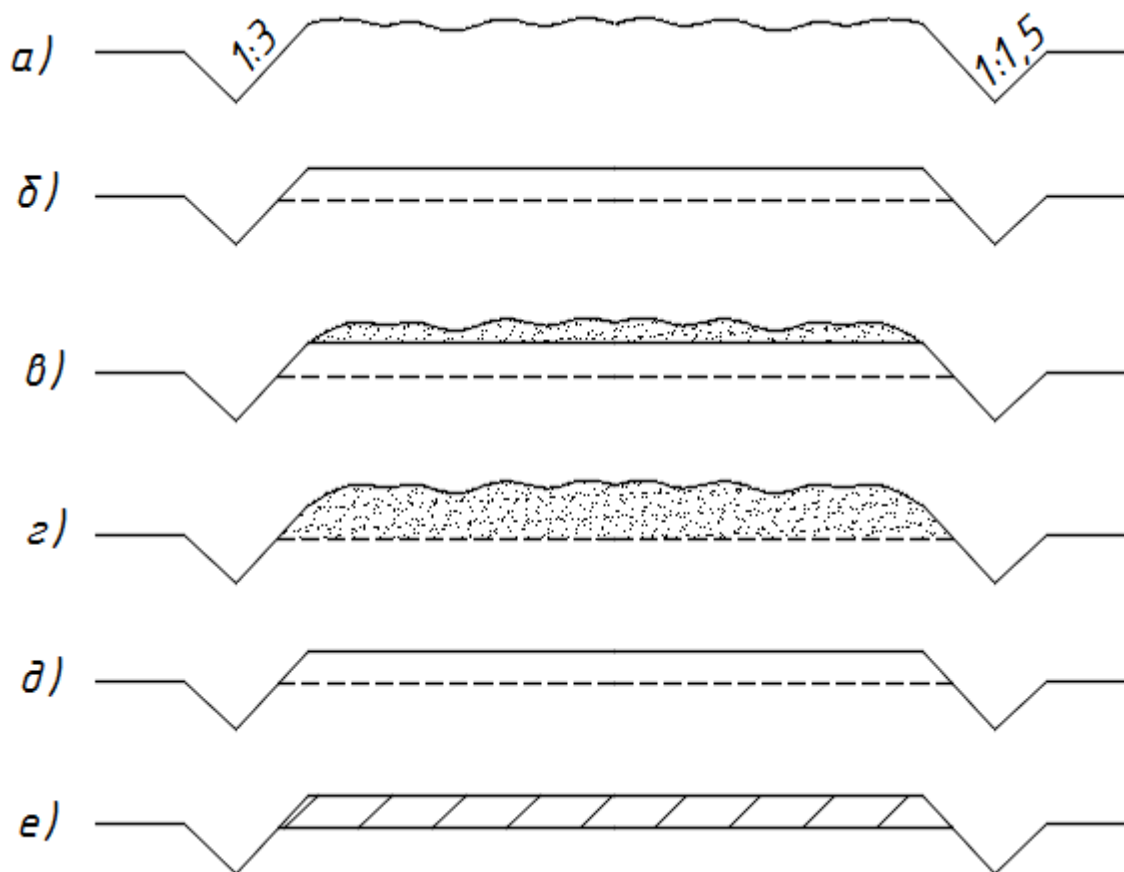


Рисунок: а – планировка поверхности земляного полотна;
 б – разрыхление грунта на необходимую глубину (рыхлители, плуги);
 в – доставка и выгрузка добавляемого грунта (автосамосвалы);
 г – распределение и перемешивание (автогрейдер);
 д – планировка (автогрейдер); е – уплотнение (катки).

Основные технологические операции следует выполнять при влажности, близкой к оптимальной (операции г, д, е). Операционный контроль качества выполнения работ заключается в регулярных измерениях влажности и плотности грунта, а также зернового состава оптимальной смеси и составляющих грунтов. Зерновой состав улучшенной смеси должен соответствовать установленной дозировке. Дозировку проверяют путём пробной прогροхотки. Из указанных технологических операций для качества дорожной одежды наиболее важными являются тщательность перемешивания и хорошее уплотнение.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ГРУНТОВ, УЛУЧШЕННЫХ СКЕЛЕТНЫМИ ДОБАВКАМИ

Улучшить грунтовую дорогу на всём её протяжении или на отдельных проблемных участках можно путём введения в верхний слой крупнозернистых добавок. В качестве таких добавок используют местные материалы: гравий, щебень из мало прочных горных пород (из известняка, доломита и др.), а также отходы промышленности и строительства (отходы камнедробильных заводов, битый кирпич, металлургические шлаки и др.). Введённые крупнозернистые добавки создают каркас (скелет), пустоты которого заполнены грунтом (оттого и название «скелетные добавки»). При устройстве такого покрытия важно рассчитать, чтобы количество грунта было ровно столько, чтобы заполнить пустоты каркаса без раздвижки зёрен. В этом случае обеспечивается максимальная прочность и устойчивость верхнего слоя.

Для подбора необходимого грансостава материала существуют таблицы, где указано необходимое количество зёрен различного размера.

Технология строительства покрытий из грунтов, улучшенных скелетными добавками следующая:

А. При серповидном профиле:

- профилирование полотна на всю ширину;
- рыхление грунта на необходимую глубину;
- вывозка добавляемого материала и его разгрузка на обочине или по оси дороги;
- распределение добавляемого материала по ширине покрытия;
- перемешивание добавок с грунтом земляного полотна;
- выравнивание поверхности;
- уплотнение.

Б. При корытном и полукорытном профиле вывозке скелетного материала предшествует устройство корыта. Вынутый грунт размещают на обочине. Далее вывозят скелетный материал и распределяют по дну корыта. Туда же сдвигают вынутый при устройстве корыта грунт и равномерно распределяют по всей ширине. Дальнейшие операции выполняют в такой же последовательности, как и при устройстве серповидного профиля, т.е. перемешивание, выравнивание и уплотнение.

При связных грунтах скелетные материалы можно непосредственно рассыпать по предварительно спланированной поверхности грунтовой дороги с дальнейшим уплотнением катками. В этом случае происходит как бы внедрение

скелетного материала в грунт. При таком способе улучшения грунтовой дороги технологические операции выполняются в следующей последовательности:

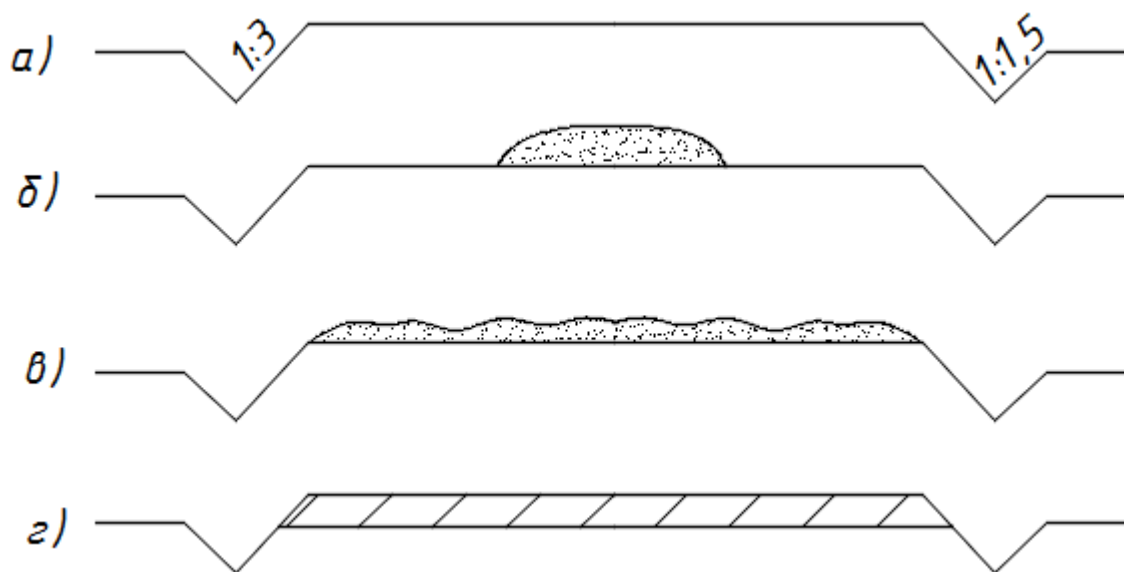


Рисунок: а – профилирование поверхности дороги с приданием поперечного уклона 20 - 30‰; б – вывозка скелетных добавок и разгрузка их по оси дороги; в – распределение добавок по всей ширине или по ширине п/ч дороги слоем 3 – 8 см. Предварительно грунт поверхности дороги увлажняют; г – уплотнение катками.

При таком способе, описанную выше технологическую операцию, после некоторого срока эксплуатации повторяют снова. После нескольких повторений верхний слой дороги как бы насыщается скелетными добавками, вследствие чего становится достаточно прочным и устойчивым к изменению погоды. Преимущество этого метода, по сравнению с описанным выше, в том, что дорога улучшается постепенно, по мере необходимости, без излишнего расхода материалов на тех участках, где дорожная одежда не требует усиления.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НИЗШЕГО ТИПА

При окончании всех строительных работ грунтовая дорога должна иметь правильный поперечный и продольный профиль, соответствующие проекту ширину и толщину улучшенного слоя (если он предусмотрен проектом), а также надлежащий водоотвод. Качество водоотвода проверяют визуальным осмотром, а также нивелировкой. Основное требование – не должно быть застоя воды.

Отступление от принятого поперечного уклона не должно превышать 5%. Проверяют рейкой с уровнем не менее, чем в пяти поперечниках на каждом километре. Можно проверять шаблоном или нивелированием. Соответствие продольного профиля проектному проверяют нивелированием не менее, чем на 10% протяжения принимаемого участка.

Ширина земляного полотна и проезжей части не должны отличаться от проектной более, чем на ± 10 см. Проверяют не менее, чем на трёх поперечниках на каждом километре.

Толщину грунтового улучшенного покрытия проверяют путём пробивки трёх лунок на поперечнике. На каждом километре промеры производят не менее, чем в двух поперечниках с одновременным определением состава и степени уплотнения. На каждом километре берётся один контрольный образец для проверки зернового состава смеси в лаборатории. Отклонение $\leq 10\%$. Поверхность дороги должна быть ровной, без впадин, волн и бугров. Просвет под трёхметровой рейкой не должен превышать в продольном направлении 20 мм, а в поперечном – 15 мм.

Качество уплотнения покрытия устанавливают путём прохода по всей длине контролируемого участка катка массой 10 – 13 т. При проходе катка не должно возникать волны перед вальцом, а также после прохода не должен оставаться след.

Для операционного контроля качества уплотнения грунтовых дорог используют метод динамического нагружения штампом.

Перед тем, как приступить к строительству, определяют качество грунтового материала путём отбора не менее 3-х проб на каждые 1000 м³ грунта.

ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ ПЕРЕХОДНОГО ТИПА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Дорожные одежды переходного типа устраивают на дорогах VI-аб, V, иногда и IV категории. Названы они переходными потому, что по мере роста движения, они часто служат основанием для устройства покрытий капитального типа. На дорожных одеждах переходного типа устраивают следующие виды покрытия:

- щебёночно (гравийно) – песчаные;
- из щебня прочных пород, уложенного по способу заклинки;
- покрытия из булыжника, брусчатки клинкера;
- из бетонных и асфальтобетонных плит малого размера;
- из грунтов, укреплённых минеральными или органическими вяжущими.

При устройстве дорожных одежд переходного типа земляное полотно

возводится в полном соответствии с требованиями в отношении возвышения его над уровнем грунтовых вод (УГВ) и поверхностью земли с учётом возможной снегозаносимости. В неблагоприятных гидрологических условиях устраивают изолирующие слои. По всей длине дороги обеспечивают поверхностный водоотвод.

ПОДГОТОВКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПЕРЕХОДНОГО ТИПА

Для дорожной одежды с покрытиями переходного типа земляное полотно отсыпают за год до строительства дорожной одежды, чтобы оно доуплотнялось под воздействием атмосферных осадков. Как отмечалось выше, поперечный уклон для дорожной одежды переходного типа корытный или полукорытный. Поперечный профиль создают двумя способами. При первом земляное полотно отсыпают до уровня, соответствующего низу дорожной одежды, т.е. до поверхности, на которой будет расположено основание.

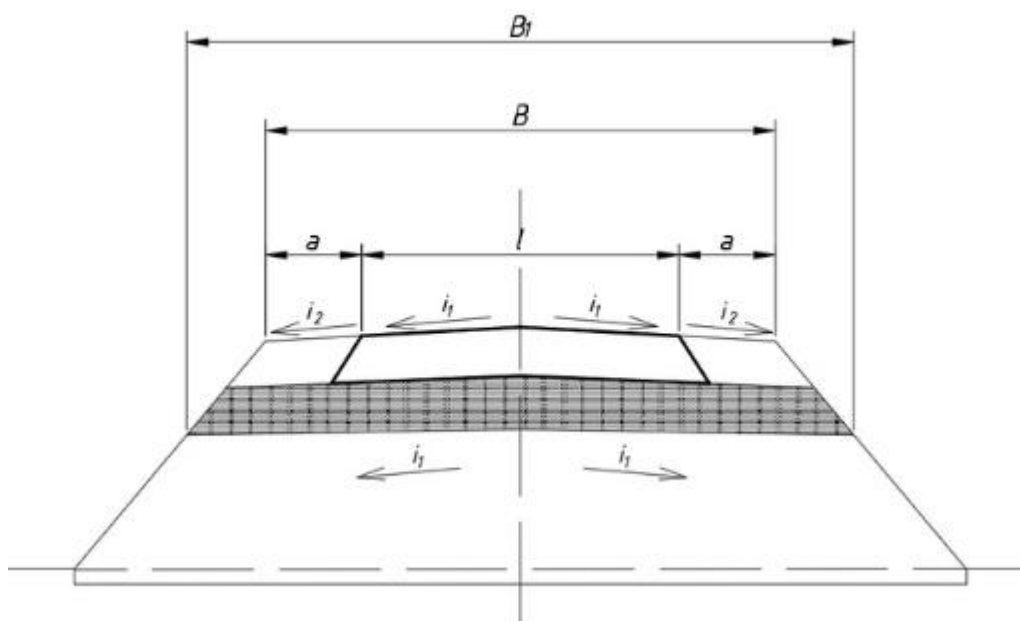


Рисунок а. Земляное полотно, подготовленное для дорожной одежды с дополнительным слоем основания на всю ширину земляного полотна:

B – ширина дорожного полотна; B_1 – ширина дорожного полотна;

l – ширина проезжей части; a – ширина обочины;

i_1 – уклон проезжей части; i_2 – уклон обочин.

При втором способе земляное полотно возводят до отметки H_1 , которая меньше проектной рабочей отметки H на величину «у», а ширина по верху B_1 больше ширины дорожного полотна на величину $2z$.

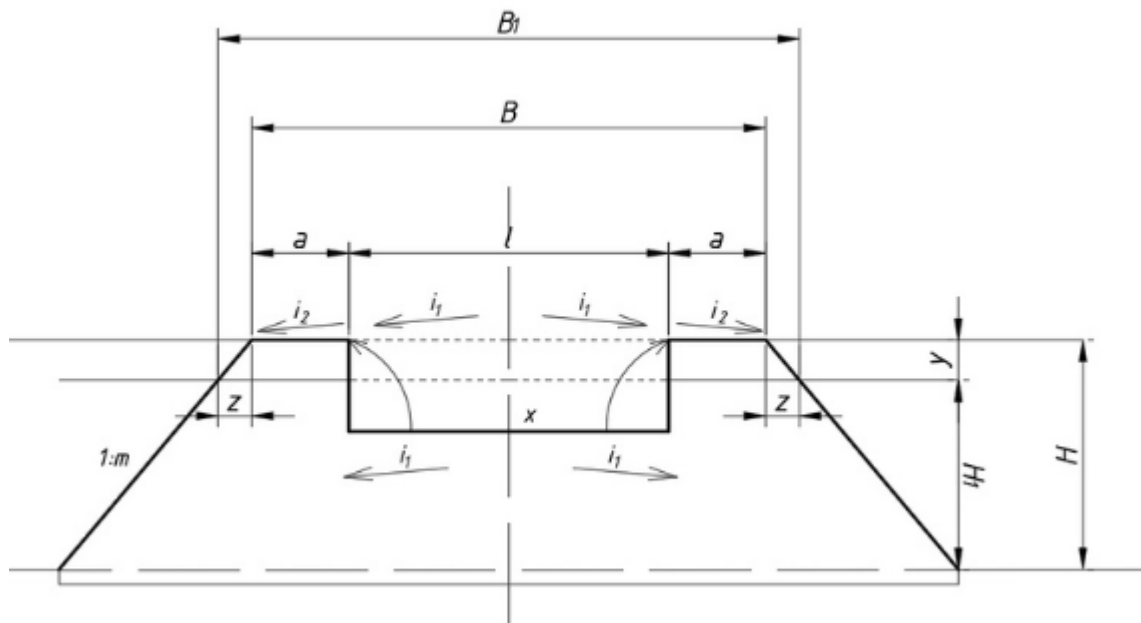


Рисунок в. Земляное полотно полукорытного профиля:

B – ширина дорожного полотна; B_1 – ширина земляного полотна;

l – ширина проезжей части; a – ширина обочины;

- $B = B_1$ -готовой дороги; H_1 – отметка отсыпанного земляного полотна.

При первом способе земляное полотно будет с присыпными обочинами. Чтобы избежать переувлажнения земляного полотна водой накапливающейся в корыте, обочины присыпают непосредственно перед строительством дорожной одежды.

При втором способе земляное полотно называют полукорытным профилем. Корыто вырезают автогрейдером, который движется по круговой схеме, срезая и перемещая грунт в стороны обочин. Задача состоит в достижении требуемой глубины корыта за счёт равенства объёмов корыта и подсыпок для обочин:

$$V_k = 2V_o,$$

где:

V_k – объём корыта;

V_o – объём обочины.

Расчётом определяют необходимую глубину вырезанного в земляном полотне корыта « x » и высоту « y » подсыпки обочин. Тогда требуемая рабочая отметка бровки H определится как $H = H_1 + y_1$, а требуемая ширина дорожного полотна $B = B_1 - 2Z$.

Если необходимо устроить корыто глубже 0,4 м в несвязном грунте, стенки его делают с откосами крутизной 1:1.

ЩЕБЁНОЧНО (ГРАВИЙНО) – ПЕСЧАНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Щебёночно (гравийно) – песчаные покрытия устраиваются на дорогах VI-а (иногда V категории) и относятся к глиносвязным покрытиям. Они устраиваются из подобранных оптимальных смесей с наибольшим размером зёрен 20 мм. Толщина основания и покрытия устанавливается расчётом в зависимости от характера и размера движения, грунта земляного полотна и климатических условий. При общей толщине покрытия более 16 см рекомендуется устраивать его в 2 слоя. Нижний слой следует делать из более крупного материала с меньшим количеством мелкозёма. Верхний слой следует делать более связным. Ориентировочно верхний слой будет $0,4h$, нижний $0,6h$, где h – общая ширина покрытия.

Подбор смесей.

Если карьерный гравийный материал не удовлетворяет требованиям оптимальной смеси, а также при применении щебня смесь обогащают, т.е. составляют искусственно путём отгрохотки крупных или части мелких фракций, добавки дроблёного материала из крупных фракций или местных суглинков. Оптимальные смеси составляют одним из следующих способов:

- ▶ отгрохоткой фракций крупнее заданного наибольшего размера;
- ▶ отгрохоткой части фракций мельче 5 мм;
- ▶ составлением смеси из гравия двух разных карьеров или различных слоёв одного карьера;
- ▶ к гравийному материалу отгрохоченных крупных фракций после их раздробления;
- ▶ добавкой к гравийному материалу пылеватого суглинка при отсутствии мелкозёма в естественном материале;
- ▶ комбинацией двух или нескольких способов, приведённых выше.

Выбор способа зависит от исходного материала и наличия оборудования. Например, дробление крупных фракций гравия после отгрохотки всегда целесообразно, т.к. это даёт возможность использовать полученный материал в смеси, тем самым делая её более устойчивой за счёт остроугольных частиц. Однако это требует наличия камнедробилок.

Подбор оптимальной смеси может быть выполнен с использованием системы треугольных координат или кривых плотных смесей.

При использовании кривых плотных смесей на график наносят пределы оптимальных смесей и кривые исходных материалов.

Задаваясь тем или иным соотношением материалов по каждой фракции строят, результирующую кривую и проверяют соответствие её требованиям.

При мягком гравийном материале недостаток средней фракции не является препятствием к применению такого материала, поскольку он быстро образуется за счёт размельчения более крупных частиц.

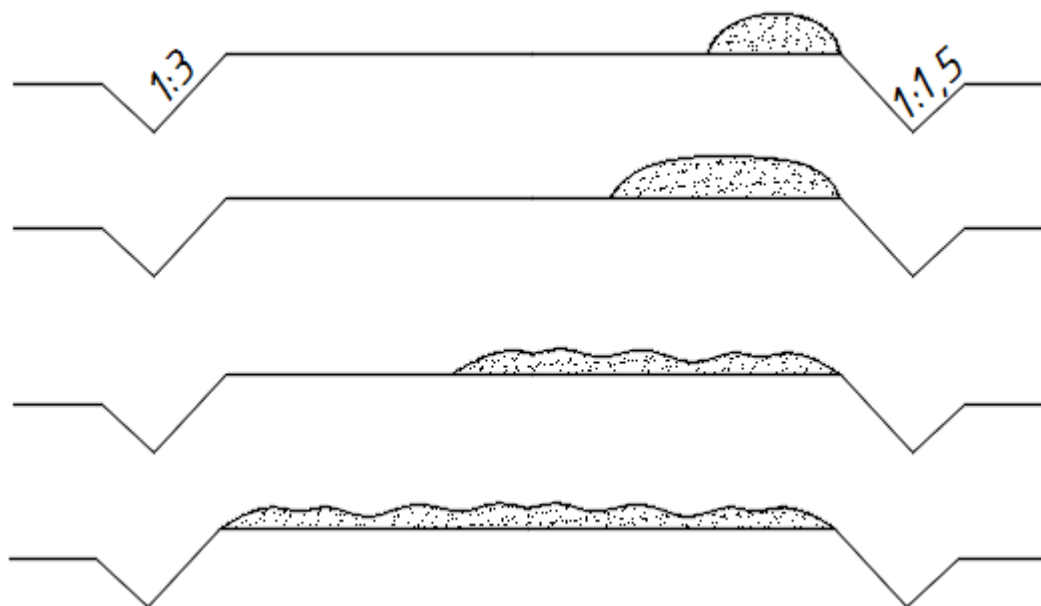
Технологический процесс постройки.

Последовательность работ при постройке щебёночно-песчаных покрытий следующая:

- профилирование дорожного полотна (верха земляного полотна);
- россыпь песка или улучшение грунта земляного полотна добавками в целях улучшения толщины покрытия;
- планирование и уплотнение;
- вывозка материала первого (нижнего) слоя покрытия и разравнивание;
- уплотнение первого слоя покрытия;
- доставка и распределение материала для верхнего слоя покрытия;
- вывоз, распределение и перемешивание добавок (если они предусмотрены);
- перемешивание материала верхнего слоя с добавками;
- окончательное профилирование;
- уплотнение верхнего слоя;
- досыпка, планирование и уплотнение обочин.

Отгрохотка гравия и его дробление производится в карьере, чтобы не перевозить ненужные отходы.

Вывезенный самосвалами материал из карьера помещают на оси дороги или на обочине. При размещении вывезенного материала на обочине его распределение производят движком.



Если материал составляется из двух компонентов, или необходимо в него ввести добавки, перед окончательным распределением по проезжей части производят перемешивание. Перемешивание производят автогрейдером посредством многократного формирования из перемешиваемых материалов продольного валика с последующим его разравниванием. Такие операции выполняют до получения равномерного по крупности состава. Как правило, требуется около 10 повторений.

Перемешивать мелкозём с гравийным или щебёночным материалом нужно при слегка увлажнённом состоянии. Если мелкозём слишком сухой при перемешивании, он будет пылить. И, наоборот, при излишнем увлажнении он прилипает к ножу автогрейдера и плохо перемешивается.

После перемешивания полученный материал распределяют и планируют, придавая необходимые поперечные и продольные уклоны.

После планирования приступают к уплотнению. Верхний слой покрытия нуждается в меньшей степени в уплотнении, чем основание или нижний слой, т.к. он может быть доуплотнён автомобилями. Поэтому обычно для верхнего слоя ограничиваются только частичным уплотнением и последующим регулированием движения.

Начинают уплотнение с лёгких катков и заканчивают средними и тяжёлыми. Катки используют обычные (гладкие) на пневмомашинах весом 3 – 12 т. Скорость движения катка в начале должна быть минимальной 1,5 – 2,0 км/ч. При окончании уплотнения скорость увеличивают до 3 км/ч. При катках на пневматических шинах скорость может увеличиваться до 6 км/ч. Уплотнение начинают от краёв проезжей части, постепенно переходя к середине. Каждый последующий проход перекрывает предыдущую полосу на

25 – 30 см. Признаками окончания уплотнения данным катком служит отсутствие заметного следа при проходе катка. Количество проходов катка зависит от прочности и окатанности материала, содержания мелкозёма, толщины слоя, веса катков и жёсткости основания. Ориентировочное количество проходов катка при уплотнении нижнего и верхнего слоя следующие:

Вес катка, т	Однослойное покрытие	Двухслойное покрытие	
		Нижний слой	Верхний слой
	Количество проходов		
3 – 7	15 – 30	12 – 20	8 – 13
8 – 12	13 – 25	10 – 18	6 - 12

Окончательное уплотнение покрытия достигается при движении транспорта через 2 – 3 месяца.

Приёмка дороги с щебёночно-гравийным – песчаным покрытием производится аналогично, описанной выше приёмке грунтовой дороги. Нормативными документами предусмотрены следующие допуски в отношении основания и покрытия:

- ▲ ширина, м.....± 0,1;
- ▲ поперечный уклон проезжей части, ‰.....± 5;
- ▲ отклонение толщины от проектной в сторону уменьшения (проверяют не менее двух поперечников на 1 км, в каждом по 3 лунки), ‰.....< 10;
- ▲ ровность в поперечном направлении (просвет под шаблоном).....≤15 мм;
- ▲ ровность в продольном направлении (просвет под трёхметровой рейкой).....≤ 20 мм.

Для проверки состава смеси из покрытия берут пробные образцы.

Необходимо иметь ввиду, что все глиносвязные покрытия в процессе эксплуатации требуют систематического исправления профиля путём утюжки и повторного профилирования.

ПОКРЫТИЕ ИЗ ЩЕБНЯ ПРОЧНЫХ ПОРОД, УСТРОЕННОЕ ПО СПОСОБУ ЗАКЛИНКИ

Щебёночные покрытия, устроенные по способу заклинки, могут применяться при интенсивности движения не более 300 авт./сут. Они представляют собой покрытие из однородного щебня, зёрна которого заклинены более мелкими фракциями. Например, основной щебёночный слой с зёрнами 40 – 70 мм, расклинивающий щебень – 20 – 30 мм, расклинивающий мелкий щебень – 5 – 10 мм и высевки – 0 – 5 мм. В результате образуется прочная корка, обеспечивающая модуль упругости 350 – 450 мПа. Щебень должен быть близким к кубовидной форме. Щебень с соотношением взаимно перпендикулярных слоёв свыше 1:3 называют лещадкой; такой щебень непригоден. Массовая доля лещадок в сортовом щебне не должна превышать 15%. Кроме того, щебень должен быть прочным, и в его составе не должно быть зёрен сильно отличающихся по прочности.

Толщина щебёночного покрытия как вместе с основанием, так и одной каменной части, зависит от состава и интенсивности движения, качества камня, свойств грунта земляного полотна и устанавливается расчётом. В среднем толщину всего щебёночного слоя принимают:

- ▶ на песчаном основании 15 – 25 см;
- ▶ при отсутствии песчаного основания и неблагоприятных грунтах земляного полотна 30 см – и более.

При гравелистых и каменистых грунтах, а также в сухой местности при супесях, представляющие собой естественные оптимальные смеси, если слоя не меньше 0,75 м, слои щебня укладывают непосредственно на земляное полотно. При всех прочих грунтах земляного полотна под щебёночным покрытием укладывают подстилающий слой из песка.

Устройство покрытия начинают с устройства корыта и его уплотнения. После этого укладывают и уплотняют нижний слой основания из песка. На подготовленное основание рассыпают щебень крупной фракции, далее – расклинивающие фракции и затем распределяют высевки. Расход расклинивающего материала назначается в зависимости от крупности и прочности щебня основной фракции.

После распределения щебня приступают к его уплотнению, которое является ответственной частью строительства, т.к. от него зависит качество и сроки службы щебёночного покрытия. Уплотняют начинают от края покрытия, двигаясь к середине. Каждая последующая полоса должна перекрывать предыдущую на 25 – 30 см. Уплотнение можно считать завершённым, если щебёнка, помещённая на поверхность щебёночного слоя, разрушается под вальцом катка.

Помимо указанных выше условий, толщина щебёночного слоя увязывается с мощностью уплотняющих средств. Наибольшая толщина слоя щебня,

которую может уплотнять тяжёлый каток, составляет 16 – 20 см, виброкаток может уплотнять слой 25 – 35 см. Также толщина щебёночного слоя определяется размером частиц применяемого щебня. Этот размер не должен превышать 0,85 толщины слоя. При укладке щебня на слой песка толщина слоя щебня не должна быть меньше 12 см.

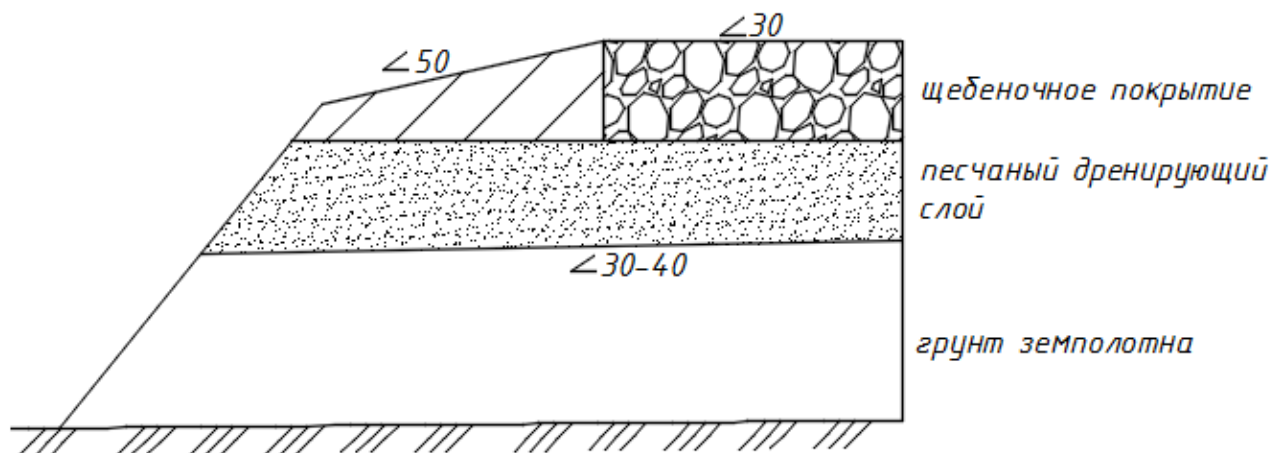
Дорожная одежда может также устраиваться и бескорытным способом с последующей присыпкой обочин. Последовательность рабочих операций при строительстве щебёночного покрытия на песчаном основании бескорытного профиля такая:

1. Подвозка самосвалами крупного щебня размером 40 – 70 мм с разгрузкой его на песчаный слой на краю щебёночной россыпи;
2. Перемещение щебня бульдозером надвижкой (бульдозер движется по щебню);
3. Подвозка самосвалами грунта на обочины для образования упора щебёночной россыпи;
4. Разравнивание грунта на обочинах автогрейдером;
5. Уплотнение грунта на обочинах катками;
6. Уплотнение щебёночной россыпи тяжёлыми катками;
7. Поливка щебёночной россыпи и грунта на обочинах поливо-моечными машинами;
8. Подвозка самосвалами щебня размером 20 – 40 мм и его разгрузка в бункер щебнераспределителя;
9. Распределение щебня;
10. Уплотнение щебня;
11. Подвозка самосвалами мелкого щебня с размерами зёрен 5 – 10 мм и разгрузка его в бункер щебнераспределителя;
12. Распределение щебня по поверхности проезжей части;
13. Уплотнение мелкого щебня лёгкими катками;
14. Поливка поверхности водой;
15. Подвозка каменной мелочи размером 0 – 5 мм и разгрузка в бункер распределителя;
16. Распределение каменной мелочи из подвешного бункера при движении автомобилей задним ходом;
17. Поливка россыпи водой поливомоечными машинами;
18. Уплотнение россыпи лёгкими катками.

Окончательное уплотнение достигается путём регулирования движения в начальный период эксплуатации.

Строительство щебёночного покрытия производят и в зимний период одновременно со строительством основания или по готовому основанию.

Щебёночному покрытию придают поперечный уклон 30‰, а на обочинах 50‰.



Щебёночное покрытие в дальнейшем может быть хорошим основанием для покрытий капитального типа.

Приёмку законченного щебёночного покрытия производят с учётом следующих допусков:

- уменьшение толщины покрытия, меньше 10% (контролируют три поперечника на 1 км, в каждом поперечнике копают три лунки);
- поперечный профиль $\pm 5\%$;
- ровность в поперечном направлении (просвет под шаблоном), не более 15 мм;
- ровность в продольном направлении (просвет под трёхметровой рейкой), не более 20 мм.

МОСТОВЫЕ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Мостовыми называют покрытия, устроенные из отдельных небольших элементов таких, как булыжник, брусчатка, клинкер, бетонные блоки малого размера. По видам применяемых материалов мостовые делятся на две группы:

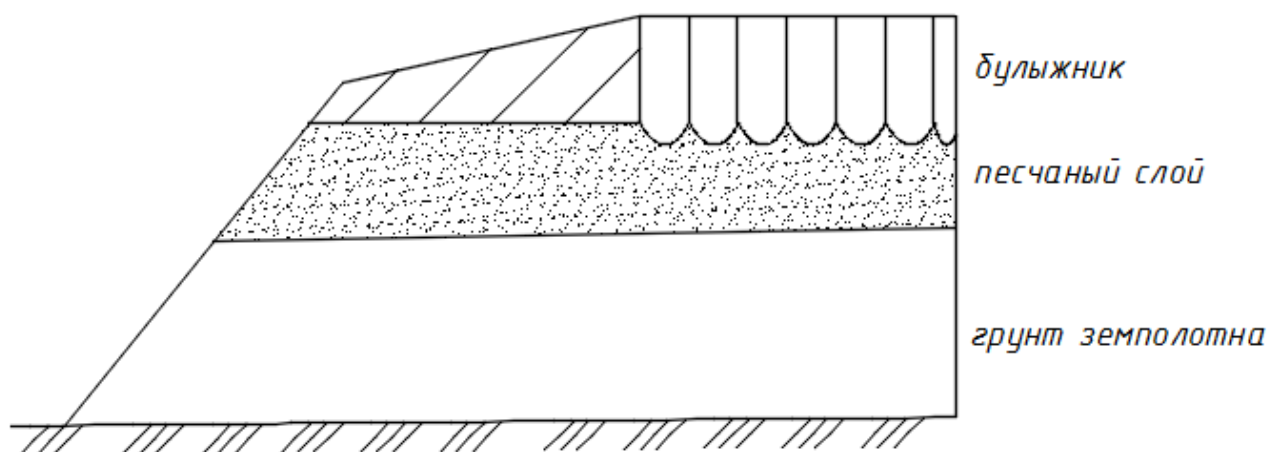
- 1) мостовые из натурального камня;
- 2) мостовые из искусственных материалов.

Мостовые устраивают на подъездах к городам, в городах при устройстве площадей и улиц, а также на внегородских дорогах. На внегородских дорогах мостовые целесообразно устраивать на участках неустойчивого земляного

полотна (на болотах, при пересечении различных подземных сооружений и т.д.), где в процессе эксплуатации возможны длительные и неравномерные осадки. Сборность конструкций позволяет легко исправлять неровности и просадки на таких участках. Дорожные одежды с мостовыми в качестве покрытий отличаются достаточной прочностью и сравнительно большим сроком службы (до капитального ремонта не менее 20 лет). Мостовые покрытия имеют хорошие фрикционные и светотехнические свойства. Вместе с тем они уступают асфальтобетонным и цементобетонным покрытиям в удобстве движения: поверхность мостовых менее ровная и вызывает тряску и вибрацию автомобиля. Также к недостаткам можно отнести то, что в процессе эксплуатации поверхность элементов покрытия «обулыживается» и шлифуется (интенсивность шлифовки зависит от вида материала). Это приводит к уменьшению коэффициента сцепления колеса с покрытием. Большим недостатком устройства мостовых является отсутствие средств механизации работ по их укладке. Мостовые укладывают вручную, что требует высокой квалификации рабочих. Отсутствие средств механизации также обуславливает низкие темпы строительства таких дорог.

БУЛЫЖНЫЕ МОСТОВЫЕ

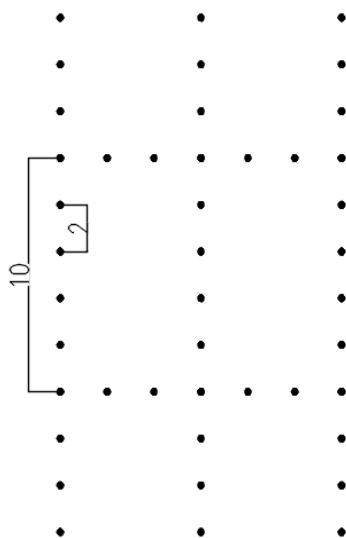
Для булыжных мостовых применяют мелкий валунный камень или булыжник. Мостовые строят в корыте на песчаном или другом дренирующем основании. В поперечном профиле мостовой придают двускатный уклон 40 - 50‰.



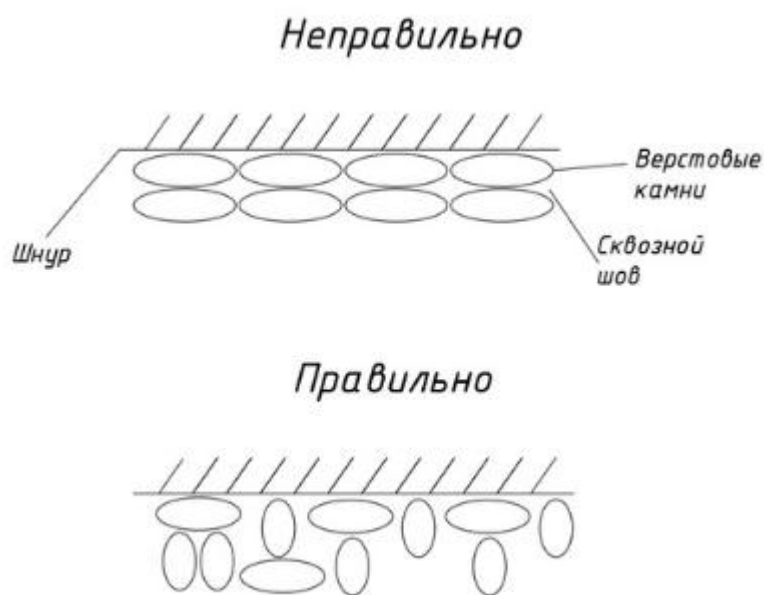
Песчаное основание должно быть слоем не менее 15 – 20 см, т.к. в него погружают камни, образующие мостовую. Глубина посадки камней в песчаный слой зависит от их высоты и может колебаться в пределах от 1/4 до 1/3 высоты. Перед мощением проверяют толщину песчаного основания, его плотность и

соответствие проектным отметкам. Во время мощения песок должен быть слегка влажным. В сухую погоду песок поливают водой, после сильных дождей мощение не производят. Мощение в мороз возможно только при россыпи такого песка непосредственно перед мощением.

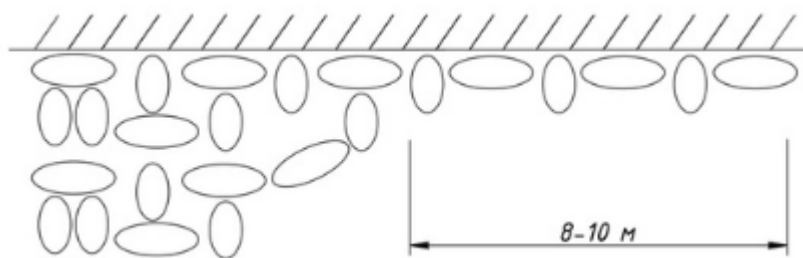
До начала мощения обязательна разбивка: колышки забивают через 2 м по оси и краям покрытия. Также колышками обозначают поперечники через каждые 10 м.



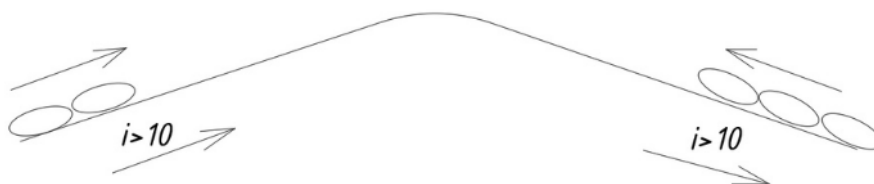
Мощение начинают с установки краевых (верстовых) камней. По колышкам, выставленным по краям покрытия (у обочин), туго натягивают шнур, определяющий границу и высоту мостовой. Верстовые камни укладывают попеременно длинной и короткой стороной к шнуру так, чтобы не допустить образования сквозного шва.



Мощение осуществляют таким образом, чтобы установка верстовых камней опережала остальное мощение на 8 – 10 м.



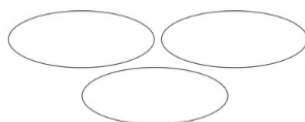
Ближе к обочинам должны быть более крупные камни. Перемещаясь к оси проезжей части размер камней постепенно уменьшается. Не допускается укладывать смежные камни сильно отличающиеся по прочности. Для продольного уклона свыше 10‰ мощение начинают снизу вверх.



При односкатном профиле мощение ведут от нижнего края.

Применяют укладку камней в «разномёт», т.е. соблюдают перевязку швов как в продольном, так и в поперечном направлении. Укладка должна быть плотной так, чтобы соседние камни соприкасались возможно большей площадью, а зазоры между камнями были с наименьшей площадью и треугольной формы.

Треугольник



Все камни ставят одинаково прочно и при этом отвесно. Отвесное положение соблюдают также при мощении на участках с продольным уклоном. Песок заполняет промежутки в нижней части поставленных камней. Он не должен подниматься к поверхности мостовой и зажиматься между соприкасающимися поверхностями камней.

Плотность мостовой должна быть такой, что даже до её уплотнения отдельные камни нельзя вынуть рукой; степень плотности оценивают

измерением усилия, необходимого для выдёргивания камней из мостовой с помощью щипцов, соединённых с измерителем силы тяги. Удовлетворительной по плотности мостовая обладает сопротивлением на выдёргивание 15 – 20 кПа (сопротивление, отнесённое к суммарной поверхности соприкосновения). Для колотой шашки это сопротивление должно быть 50 – 80 кПа.

Инструментами для мощения служат кельма и молоток (киянка). Для посадки камня в песчаном основании делают небольшое углубление, в него опускают камень и одновременно плотно прижимают к соседним камням так, чтобы он несколько возвышался над ними. Затем ударами молотка камень осаживают в уровень с остальными. Если камень сел ниже, или, наоборот, оказался выше общего уровня, его вынимают и исправляют песчаное основание.

Существует два способа мощения: мостовщики во время работы находятся на песчаном основании, и мостовщики находятся на уже уложенной мостовой. Второй способ предпочтительней, т.к. во время работы мостовщики не разрыхляют песчаный слой основания.

После мощения трамбуют участок, начиная от краёв механической или ручной трамбовкой массой 20 – 30 кг с высоты 15 – 20 см. После первого лёгкого трамбования швы заполняют каменной мелочью с размером зёрен 10 – 20 мм, прочность которых должна быть не ниже прочности каменного материала, которым выполнено мощение. Затем производят второе, более усиленное, трамбование, также начиная от краёв, не менее чем двумя ударами по одному месту, захватывая ударной частью трамбовки два – три камня. Хорошее уплотнение характеризуется упругой отдачей трамбовки. Трамбовать нельзя после сильного дождя. В очень сухую погоду производят лёгкое увлажнение.

После трамбования мостовую засыпают каменной мелочью или прочным гравием с размером зёрен 5 – 10 мм из расчёта 1 м³ на 100 м² поверхности. Затем производят тщательное заметание рассыпанного материала в промежутки между камнями. После этого мостовую уплотняют катками, сначала лёгкими 5 – 6 т четыре – пять проходов по одному следу, затем тяжёлыми 8 – 12 т два – три прохода.

При приёмки мостовой следующие требования:

- отклонения по толщине в сторону уменьшения не более 10%;
- отклонение поперечного уклона на $\pm 5\%$;
- просвет под трёхметровой рейкой: в продольном направлении ≤ 25 мм, в поперечном ≤ 20 мм.

Камни должны сидеть отвесно в мостовой, зазоры между ними должны быть треугольной формы. Камни не должны садиться под ударами трамбовки весом 35 кг. Должна быть соблюдена перевязка швов. Плотность мощения

считают хорошей, если при поднятии ломом одного элемента (камня) поднимается не только этот камень, но и примыкающая к нему площадь мостовой диаметром 1 м.

После приёмки мостовой приступают к засыпке её песком слоем 1.5 – 2 см. Песок разметают щетками и мётлами.

После этого открывают движение.

В эксплуатации такие покрытия не требуют большого внимания, они обладают хорошим коэффициентом сцепления и хорошими светотехническими характеристиками. Если образуются в отдельных местах неровности, то они легко исправляются путём простой перекладки этого участка из тех же камней.

МОСТОВЫЕ ИЗ БРУСЧАТКИ

Мостовые из брусчатки отличаются от мостовых из булыжного камня более высокими эксплуатационными качествами, обеспечивающими возможность движения автомобилей с высокими скоростями. Брусчаткой называют колотые бруски камней с грубой оттёской, имеющие форму, близкую к параллелепипеду, и параллельные верхние и нижние плоскости. По размерам брусчатка бывает трёх видов.

Тип брусчатки	Толщина	Ширина	Длина
Высокая	14 – 16	12 – 15	15 – 30
Средняя	11 – 13	12 – 15	15 – 30
Низкая	9 – 10	12 – 15	15 - 30

Боковые грани брусчатки суживаются к низу. При этом величина скоса у подошвы высокой и средней брусчатки должна быть не более 10 мм, а низкой – не более 5 мм. Лицевая поверхность брусчатки по форме должна приближаться к прямоугольнику и быть ровной, без заметных выступов и впадин. Допустимый зазор под линейкой, приложенной к поверхности бруска, не должен превышать 5 мм на основных дорогах и 10 мм на второстепенных типа подъезда, автомобильной стоянки и т.д. Зазор между боковыми гранями двух соседних брусков не должен превышать соответственно 8 и 15 мм.

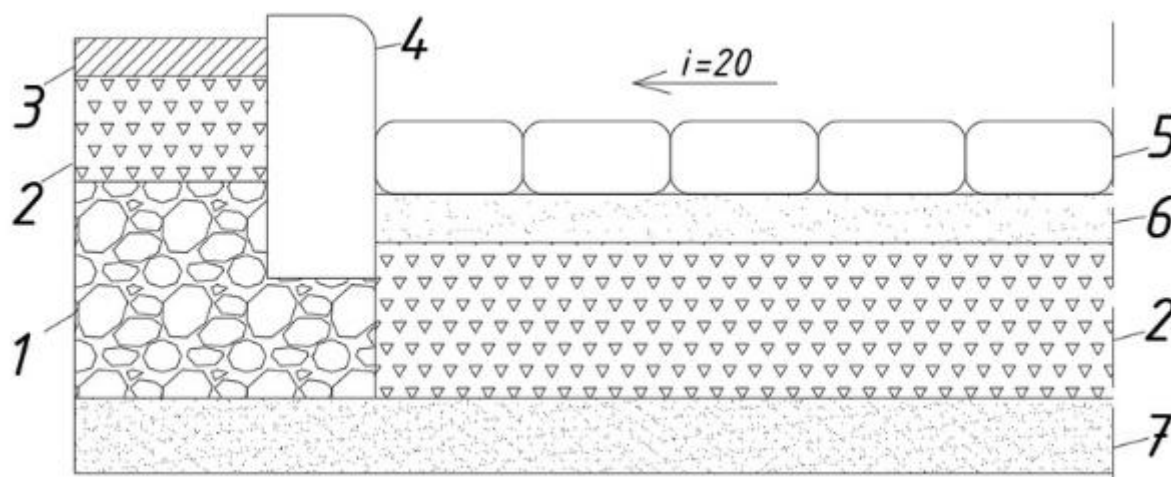
Брусчатку изготавливают из камня изверженных горных пород (гранитов, диабазов, базальтов) с прочностью не ниже 1000 кг/см². Применяют также шлаковую брусчатку, изготовленную из расплавленных металлургических шлаков путём отливки в стальных формах. Шлаковая брусчатка отличается правильностью геометрической формы, высокой прочностью (до 2000 – 3000), малой пористостью (менее 3%) и высокой износостойкостью.

Мостовые из брусчатки на устойчивом основании могут обеспечить пропуск наиболее тяжёлого и интенсивного движения. В качестве основания могут использоваться бетонные, щебёночные и песчаные основания.

Чем прочнее основание, тем тоньше может быть слой мостовой. На цементобетонном основании рекомендуется укладывать низкую брусчатку, на щебёночное – низкую или среднюю, на песчаное – высокую. На цементобетонном и щебёночном основаниях перед укладкой брусчатки устраивают прослойку песка толщиной 3 – 4 см, позволяющую выровнять поверхность отдельных камней и делающую покрытие более эластичным. Для обеспечения устойчивости брусчатки песок прослойки обрабатывают битумом или дёгтем в количестве 1,5 – 2% по весу или к песку добавляют 10% цемента. Схватывание цемента происходит в процессе эксплуатации покрытия под воздействием внешней влаги.

Конструкции брусчатых мостовых:

А)



Б)

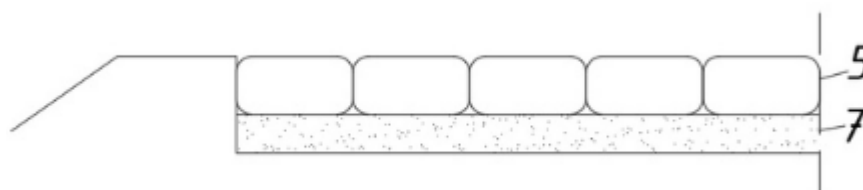


Рисунок: а – на щебёночном основании (на городских дорогах);

б – на песчаном основании (на внегородских дорогах);

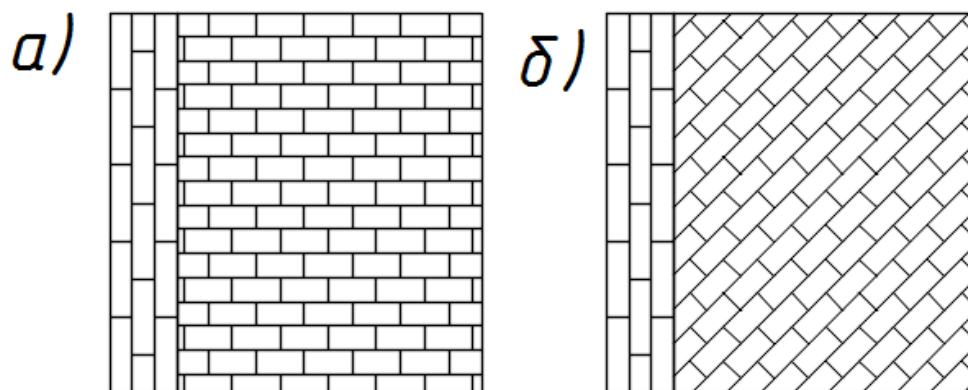
1 – гравий; 2 – щебень; 3 – асфальт; 4 – бордюр; 5 – брусчатка;

6 – песчаный выравнивающий слой (3 – 4 см); 7 – слой песка (10 – 15 см).

Расположение брусчатки в плане может быть различным. Наиболее распространено мощение рядами, перпендикулярными к оси дороги (рис. а) или под углом 45° к оси (рис б). В обоих случаях вдоль бортики проезжей части

укладывают 2 – 3 продольных ряда для обеспечения упора брусчатки проезжей части.

Укладка брусчатки косыми рядами уменьшает тряску автомобиля, но усложняет подгонку брусьев, примыкающих к продольным рядам или бордюрам.



При любом плане укладки необходимо обеспечивать перевязку швов смежных поперечных рядов. При укладке брусьев без перевязки ухудшается связь между ними и снижается общая жёсткость покрытия, что уменьшает площадь передачи давления колеса на основание. Кроме того, наличие продольных швов, особенно при недостаточно жёстком основании, способствует образованию продольных колеи на поверхности мостовой.

Технологический процесс устройства мостовой из брусчатки включает следующие операции:

- подготовка основания и разбивка покрытия;
- доставка брусчатки к месту укладки и сортировка её по размерам;
- укладка брусьев;
- уплотнение;
- заполнение швов.

1. Подготовка основания заключается в проверке его ровности, степени уплотнения, поперечных уклонов и в исправлении обнаруженных дефектов. При укладке мостовой на цементобетонное или щебёночное основание в состав подготовительных работ входит устройство песчаной прослойки. Прослойку из песка, обработанного органическими вяжущими, укладывают асфальтоукладчиками. Необработанный песок или смесь песка с цементом распределяют автогрейдером с последующим планированием под шаблон вручную.

Высотная разбивка будущей мостовой заключается в установке через каждые 10 м поперечного ряда колышков, верх которых даёт очертание

поперечного профиля поверхности мостовой с запасом 1 – 3 см на осадку. Большее значение на осадку принимают при песчаных основаниях, меньшее – при жёстких цементобетонных или каменных. В плане колышками вертикальной разметки с натянутым между ними шнуром размечают бровки проезжей части. Дополнительно к колышкам натягивают через каждые 5 м поперечные шнуры, строго перпендикулярно к оси дороги, для контроля правильности укладки рядов мощения. При укладке брусчатки косыми рядами шнуры натягивают под заданным уклоном к оси дороги.

2. Перед укладкой брусчатку «начерно» раскладывают по основанию, одновременно сортируя её по ширине и высоте брусков. Бруски одного ряда не должны отличаться один от другого по ширине более чем на 0,5 см. Высота смежных брусков не должна отличаться более чем на 1 см.

3. Брусчатку укладывают вручную, вплотную к ранее уложенной. Для более плотного примыкания каждый брусок дополнительно осаживают ударами молотка массой 2 – 3 кг. При подгонке по высоте используют кельму. Швы между брусками должны быть возможно меньшими (5 – 10 мм).

На участках с уклонами брусчатку укладывают снизу вверх.

4. Брусчатую мостовую уплотняют трамбовками. Мостовую на песчаном основании необходимо трамбовать механическими трамбовками массой до 100 кг. Мостовую на цементобетонном или щебёночном основании можно уплотнять пневматическими трамбовками массой 30 – 40 кг. Удары трамбовкой наносят с одинаковой силой по каждому бруску в отдельности. Но следует добиваться выравнивания поверхности усиленным трамбованием отдельных выступающих брусков. Такие бруски нужно вынуть, убрать часть песка и затем поставить бруски снова на место. Отдельные бруски, расколовшиеся при трамбовании, заменяют целыми.

Трамбование тяжёлыми механическими трамбовками ведут продольными ходами, постепенно перемещая трамбовку от обочины к оси проезжей части. Трамбование малыми пневматическими трамбовками ведут сразу по всей ширине проезжей части. По каждому бруску должно быть сделано 3 – 4 удара. Нормальная осадка мостовой на песчаном основании после трамбования составляет, примерно, 3 – 4 см. Осадку мостовой на цементобетонном и щебёночном основании обычно не превышает 1 см.

5. Для повышения прочности и долговечности брусчатой мостовой её швы заполняют материалами, которые должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать водонепроницаемость швов;
- хорошо сцепляться с камнем и повышать взаимное сцепление смежных брусков;
- уменьшать «обулыживание» брусков;
- быть устойчивыми при изменении температуры;
- быть достаточно долговечными, а также устойчивыми к вырыванию из шва шинами автомобиля;
- удовлетворять санитарным требованиям.

Для заполнения швов применяют цементный раствор, битумную мастику (смесь битума с минеральным порошком), сухую смесь песка с цементом, иногда чистый песок. Цементный раствор в основном отвечает перечисленным требованиям, но имеет и недостатки. Чтобы избежать разрушений затвердевшего раствора в швах от изменений температуры, рекомендуется через каждые 15 – 20 м устраивать на брусчатой мостовой поперечные швы, заполненные битумной мастикой. Разрушение затвердевшего раствора в швах может происходить также при тяжёлом движении, вызывающем сотрясение мостовой. Заполнение швов цементным раствором затрудняет разборку мостовой, поэтому раствор не следует применять в местах, где разборка может потребоваться в процессе эксплуатации дороги или улицы, для ремонта подземных сооружений (водопровода, кабеля и т.д.). Швы заполняют жидким цементным раствором состава 1:2. Перед заполнением швов утрамбованную мостовую поливают водой из расчёта 1 – 2 л/м². Затем на мокрой поверхности распределяют раствор. В среднем расход раствора составляет от 5 до 10 л на 1 м² покрытия. Раствор разметают по поверхности покрытия скребками, обитыми резиновой лентой, и мётлами. Для лучшего проникания раствора в швы применяют лёгкое трамбование мостовой ручной трамбовкой. В жаркую погоду после заполнения швов цементным раствором рекомендуется укрывать мостовую мокрой мешковиной или слоем влажного песка в течение 5 – 7 дней. В случае дождя, в первые 1 – 2 дня, покрытие укрывают брезентом, чтобы защитить швы от вымывания раствора. Движение открывают после набора раствором достаточной прочности: при использовании обычных цементов – на 10 – 12-й день, при использовании быстро твердеющих на 3 – 5 день.

Битумная мастика обеспечивает хорошую водонепроницаемость покрытия, но в жаркую погоду выступает из швов, растирается колёсами автомобилей по покрытию и увеличивает его скользкость. Вследствие это часть мастики теряется, поэтому в швы, заполненные битумными мастиками, необходимо

систематически)1 раз в 2 – 3 года) добавлять новую мастику. Заполнение швов битумной мастикой можно рекомендовать для участков дорог с тяжёлым движением, а также для покрытий на не устоявшемся земляном полотне, где возможна неравномерная осадка дорожной одежды в процессе эксплуатации. Швы заливают мастикой в сухую тёплую погоду. Перед заполнением их очищают на глубину 6 – 8 см и просушивают сжатым воздухом из передвижного компрессора. Очищая швов от пыли и песка, сжатый воздух одновременно высушивает стенки брусков. Битумную мастику подогревают в передвижных котлах малой ёмкости до температуры 170 – 180°, и с помощью леек или шлангов заливают в швы. При остывании мастика в швах оседает, и в отдельных местах необходима дополнительная заливка. После остывания мастики швы засыпают сверху тонким слоем песка (0,5 – 1 см) и открывают движение.

Заполнение швов сухой смесью песка с цементом можно рекомендовать для покрытий дорог с относительно невысокой интенсивностью движения. Песок смешивают с цементом в сухом виде, обычно в соотношении 8:1 или 10:1, в бетономешалках, растворомешалках или вручную. Сухую смесь рассыпают по поверхности покрытия после его лёгкого трамбования (1 – 2 удара по каждому бруску). Затем метлами разметают смесь, заполняя швы. После заполнения швов доверху проводят окончательное трамбование, которое способствует оседанию. Смеси в швах. Обычно после трамбования необходимо добавлять в швы небольшое количество смеси. Движение по покрытию со швами, заполненные сухой смесью песка с цементом, открывают сразу после окончания работ. В процессе эксплуатации покрытия смесь песка с цементом в швах под воздействие внешней влаги превращается в слабый цементный раствор.

Заполнение швов одним песком допускается только на малоответственных участках дорог, второстепенных проездах, дворах или на участках временного мощения. Заполняют песком также, как сухой смесью песка с цементом.

Приёмка качества готового покрытия такая же, как и для булыжной мостовой. Широкое применение брусчатые мостовые получили при строительстве городских площадей и улиц с целью придания им эстетического вида. В Германии, Англии и других Западных странах изготавливают медно-шлаковую литую брусчатку, которая не полируется, и независимо от степени износа сохраняет требуемую шероховатость.

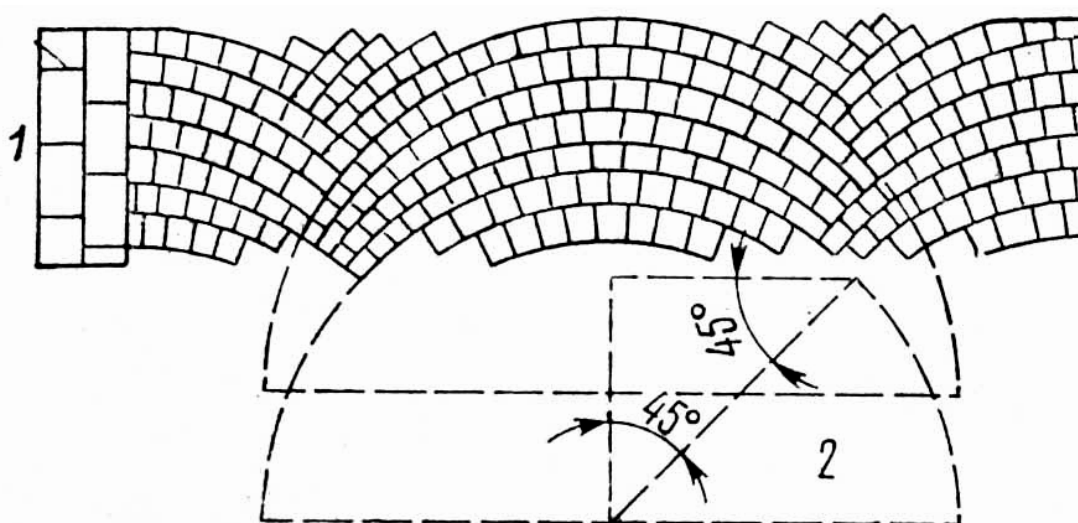
МОЗАИКОВЫЕ МОСТОВЫЕ

Для мозаичной мостовой применяют шашку – куски камня, грубоколотые механическим путём из горных пород по форме, приближающейся к кубу (размеры сторон 7 – 11 см).

Благодаря мелким размером шашки по сравнению с брусчаткой, более лёгкой работе по мощению и применению механической колки камня, а в соответствии с этим – и меньшей стоимости, Мозаичные мостовые экономичнее брусчатых.

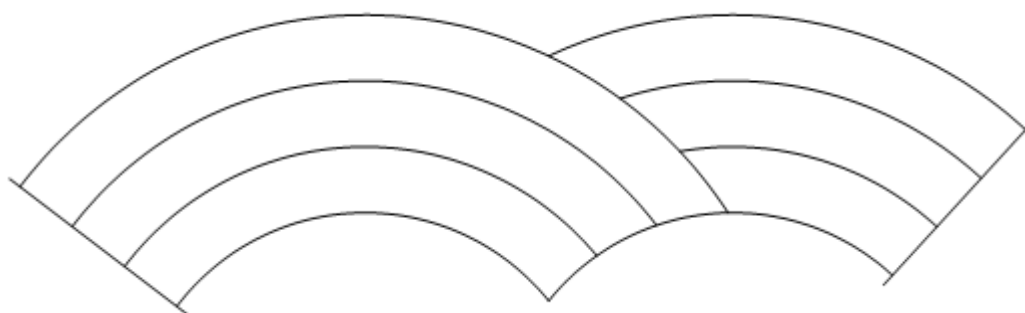
Мозаичные мостовые устраивают на каменном или бетонном основаниях, чтобы прочностью основания компенсировать меньшую высоту шашки. Поверх основания так же, как и при брусчатых мостовых, устраивают выравнивающий слой (подушку) из песка или песка в смеси с цементом. Мостовые по прочности и срокам службы не уступают брусчатым, имеют более ровную шероховатую поверхность. Мозаичная шашка обулыживается в меньшей степени, чем брусчатка. Она также шлифуется, если шашки изготовлены из тонкозернистых горных пород, но шероховатость мостовой в целом, благодаря большому количеству швов, из-за меньшего размера шашки, выше.

При механической колке мозаичная шашка получает лицевую поверхность, только приближающуюся к прямоугольной, поэтому укладывать её правильными рядами очень трудоёмко и нецелесообразно. Мозаичную шашку укладывают почти исключительно дугами, выпуклость которых направлена навстречу движению. Существует несколько способов мощения по дугам: из них более простой и распространённый – сопряжение двух смежных дуг одной общей шашкой.



При этом все шашки, являющиеся пятовыми для каждой двух дуг, находятся на одной прямой, параллельной оси дороги. Для соблюдения контура дуг при мощении пользуются шаблоном, а для определения мест пятовых шашек натягивают шнур, параллельный оси дороги. Ширина ряда шашки в каждой дуге колеблется от размеров самой малой шашки в пятах дуги до самой крупной в ключе дуги.

Кроме способа сопряжения двух смежных дуг общей шашкой, применяют перевязку дуг путём перекрытия нескольких рядов дуг таким же количеством дуг.



Преимущество мощения по дугам состоит в том, что в каждой дуге находят применение шашки всех размеров.

Для создания упора мостовой и укрепления её кромок вдоль обочин, так же как и при брусчатых мостовых, укладывают 2 – продольных ряда брусчатки или шашки, подобранной по наиболее правильной форме лицевой поверхности и одинаковым размерам.

Способы строительства мозаиковых мостовых, уплотнения и заполнения швов аналогичны способом, применяемым для брусчатых мостовых. Учитывая большую протяженность швов, их заполняют битумом не из конусных леек, а разливом битума по поверхности мостовой и применением его в швы резиновыми гладилками.

Мозаиковые мостовые отличаются большой декоративностью. При применении шашки из горных пород различного цвета мостят площади в городах различными узорами.

Мозаиковые мостовые являются прочными дорожными покрытиями. Они отличаются ровностью и большим сроком службы (до капитального ремонта 50 – 60 лет). Они более экономичные по сравнению с брусчатыми мостовыми.

Старые мозаиковые мостовые благодаря ровности и устойчивости являются хорошими основаниями для слоёв износа в виде поверхностной обработки или асфальтобетона.

Млзаиковые мостовые так же, как и брусчатые мостовые, широкое применение получили при строительстве городских площадей и улиц. Приёмка качества готового покрытия такая же, как для булыжной мостовой.

МОСТОВЫЕ ИЗ КЛИНКЕРА

Клинкером называют искусственный камень правильной формы (кирпич для дорожных одежд), полученный путём обжига специальных глин при высокой температуре до спекания, но без плавления и образования стекловидной поверхности. Размеры клинкера: 220x110x65(75) мм. По прочности при сжатии различают клинкер трёх марок: 1000, 600 и 400 с морозостойкостью соответственно 100, 75 и 50 циклов.

Клинкер марки 400 применяют в основном для мощения тротуаров, дворов и отдельных проездов с малой интенсивностью движения, преимущественно лёгкого состава. Клинкер марки 1000 используют для устройства покрытий на дорогах II и III категорий, марки 600 – на дорогах III и IV категорий.

Устройство клинкерных мостовых экономически оправдывается в районах, где нет прочных каменных материалов, и в то же время имеются месторождения клинкерных глин.

В большинстве случаев клинкерный кирпич укладывают на ребро, располагая его в плане различным образом: продольными и поперечными рядами, в «ёлку», косыми рядами. Более удобную для движения поверхность покрытия получают при мощении продольными рядами или в продольную «ёлку». При всех вариантах укладки обязательно устройство бордюра или укладка взамен его нескольких продольных рядов клинкера по краям покрытия.

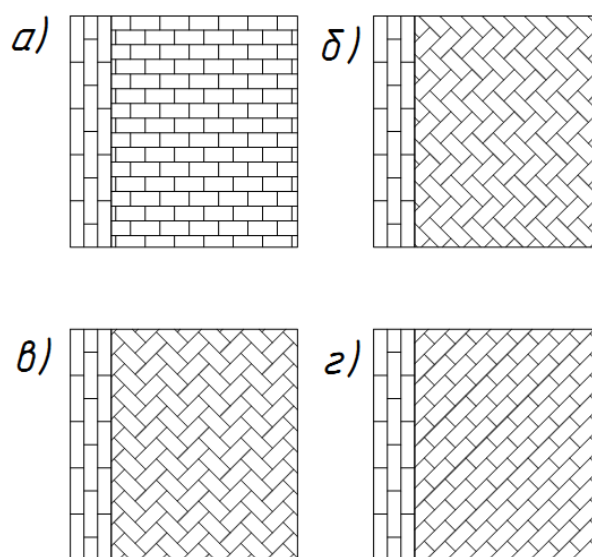


Рисунок: Расположение клинкера в плане:

а – рядами, перпендикулярными к оси дороги; б – в поперечную «ёлочку»;
в – в продольную «ёлочку»; г – под углом 45° к оси проезжей части.

Правильная геометрическая форма клинкера даёт возможность его повторного использования. Изношенные клинкерные покрытия разбирают, и полученный при разборке клинкер снова используют для устройства покрытий, укладывая его изношенной стороной вниз.

Клинкерные покрытия укладывают на песчаные, каменные и цементобетонные основания. На каменных и цементобетонных основаниях устраивают выравнивающие прослойки толщиной 1 – 3 см из песка обработанного битумом или смешанного с цементом в соотношении 10:1.

В США имеется опыт укладки клинкера плашмя на цементобетонное основание с выравнивающим слоем из цементного раствора. Швы между кирпичами также заполняют цементным раствором. При этом образуется монолитное жёсткое покрытие, в котором клинкер играет слоя износа повышенной прочности.

Технология укладки клинкера мало отличается от технологии укладки брусчатых мостовых. Клинкерный кирпич укладывают вручную. Осаживать его ударами молотка не рекомендуется, т.к. клинкер плохо сопротивляется ударам. Ширина швов между кирпичами 2 – 4 мм. Швы заполняют цементным раствором, битумными материалами или песком теми же способами, что и швы мостовой из брусчатки.

Для возможности повторного использования клинкера не следует применять для заполнения швов цементный раствор.

Клинкерные покрытия уплотняют укаткой лёгкими катками. Сначала укатку ведут продольными проходами от обочины к оси дороги, а затем косыми диагональными проходами.

Приёмка готового покрытия такая же, как для булыжной мостовой.

Необходимо отметить, что срок службы клинкерных мостовых в 2 – 3 раза меньше, чем у брусчатых мостовых. Вместе с тем, эти покрытия обладают достаточной ровностью, хорошими фрикционным и светотехническими характеристиками. Кроме того, как отмечалось выше, изношенный клинкер можно использовать повторно, повернув его изношенной стороной к основанию.

МОСТОВЫЕ ИЗ БЕТОННЫХ ПЛИТ МАЛОГО РАЗМЕРА

Бетонные плиты малого размера находят применение при устройстве покрытий на второстепенных проездах, площадках, стоянках автомобилей, во

дворах или на участках дорог, где возможна неравномерная осадка земляного полотна. В плане плиты имеют обычно прямоугольную или шестиугольную форму, размеры сторон малых бетонных плит 20 – 50 см (до 50 см), толщина 15 – 20 см.

Для изготовления плит применяют бетон марок 300 – 400. В некоторых случаях износоустойчивость плит повышают включением в поверхностный слой отходов дробления прочных изверженных пород. Основания под бетонными плитами малых размеров устраивают из песка, гравия, щебня или шлака. На основание из гравия, щебня или шлака укладывают выравнивающую песчаную прослойку толщиной 2 – 5 см. Плиты с размером сторон до 30 см укладывают вручную, а со стороной больше 30 см – с помощью автомобильных кранов. Швы между плитами заполняют так же, как при устройстве мостовых из брусчатки.

Как показывают теоретические и опытные исследования, интерес представляют плиты с размером сторон 100x100 см. Покрытия из таких плит особенно могут быть востребованы на дорогах небольшой протяжённости (до 5 км), например, подъезды к населённым пунктам, зонам отдыха и т.д. На небольших участках разворачивать бетоноукладочный комплекс не выгодно, проще привезти и уложить бетонные плиты. Плиты с размером сторон 100x100 см гораздо меньше стандартных бетонных плит, применяемых для сборного бетонного покрытия, размер которых 200x600 см, а, значит, и легче в 12 раз. Это делает процесс устройства покрытия гораздо более простым. Вместе с тем, они больше по площади в 4 раза бетонных плит, описанных выше с размером сторон 50x50 см, что делает процесс сборки покрытия гораздо быстрее.

Сборка покрытия из указанных плит заключается в совмещении петель двух смежных плит и соединении их «пальцем» (штырь из арматуры). Капитальность оснований под такие плиты и толщина самих плит зависят от планируемой транспортной нагрузки. Швы могут заполняться битумной мастикой или цементным раствором. При заполнении швов цементным раствором покрытие получается более жёстким. Вместе с тем, за счёт меньшего расстояния между стыковыми швами, чем у сборных бетонных покрытий, устроенных из стандартных дорожных плит размером 200x600 см, движение более комфортно (меньше ощущаются толчки на стыках).

При заполнении швов цементобетонным раствором необходимо через 10 м устраивать 1 шов из битумной мастики для компенсации температурных деформаций.

К положительным сторонам покрытия из плит 100x100 см относится то, что они собираются гораздо быстрее, чем, например, из брусчатки, и намного легче и проще, чем сборные покрытия из стандартных плит (200x600 см), хотя

по прочности и надёжности им не уступают. Бетонные плиты с размером сторон 100x100 см легче перевозить и проще погрузочно-разгрузочные операции. Их готовят на заводах заблаговременно со строгим соблюдением технологических правил и режимов ухода за бетоном. Монтирование покрытия на подготовленное основание можно в течение всего года, используя и неблагоприятные для бетонных работ периоды. Движение по таким покрытиям открывается сразу после их устройства. Ремонт таких покрытий сводится к замене плит с появившимися дефектами на новые.

Покрытия из указанных плит имеют хорошие фрикционные и светотехнические свойства.

МОСТОВЫЕ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПЛИТ МАЛОГО РАЗМЕРА

Асфальтобетонные плиты малого размера применяют для устройства покрытий в местах, где трудно уплотнять покрытие из обычных асфальтобетонных смесей, например, в узких проездах, при уширении существующих покрытий, а также при работах небольшого объёма, особенно выполняемых в зимнее время. Плиты имеют в плане прямоугольную или шестиугольную форму, с размерами сторон от 12 до 25 см. Толщиной такие плиты изготавливают 6 – 8 см. Асфальтобетонные плиты малых размеров делают из мелкозернистых смесей на вязких битумах БНД 40/60 и БНД 60/90, а также БН 40/60 и БН 60/90 путём прессования или вибропрессования. Состав смесей подбирают так же, как и для асфальтобетонных покрытий. Для мостовых из асфальтобетонных плит применяют каменные или цементобетонные основания. На песчаное основание плиты укладывают только для пешеходных или велосипедных дорожек. Для выравнивания основания рассыпают тонкий слой песка или высевок, обработанных битумом. Если основание ровное, разливают горячий битум. Асфальтобетонные плиты укладывают вручную плашмя поперечными рядами к оси дороги с перевязкой швов. Уложенные плиты прикатывают лёгкими самоходными катками, швы заполняют горячим битумом. В результате движения транспорта в жаркую погоду швы между плитами постепенно закатываются, и покрытие становится похожим на обычное асфальтобетонное покрытие.

Для тротуаров и украшения площадей применяют цветные плиты, у которых нижняя часть из обычного асфальтобетона, а верхняя – из цветного.

При приёмке покрытия, устроенного из бетонных и асфальтобетонных плит малого размера, контролируется продольная и поперечная ровность поверхности, а также отклонение ширины от проектной.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЁННЫХ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Грунты, укрепленные вяжущими материалами, применяют для устройства дорожных покрытий переходного типа со слоем износа в виде поверхностной обработки. Все грунты по степени пригодности для укрепления вяжущими материалами, делятся на три группы: пригодные, условно не пригодные и непригодные. Условно не пригодные грунты включают крупнообломочные несвязные каменные породы, не пригодные – для укрепления лишь по причине малого содержания песчано-глинистых фракций, что вызывает перерасход вяжущих веществ.

Не пригодные грунты – это жирные высоко-пластичные глины, обладающие большой связностью в сухом состоянии. Такие грунты не пригодны для укрепления, поскольку требуют больших затрат механической энергии на обработку и большого расхода вяжущих материалов, что экономически не выгодно.

К укрепляемому грунту предъявляются такие требования:

- крупнообломочные грунты не должны содержать частицы крупнее 40 мм;
- суммарное количество частиц от 2 до 2,5 мм не должно быть более 70% по массе;
- для частиц мельче 0,5 мм число пластичности должно быть не более 12;
- допускается применение крупнообломочных грунтов с прерывистой гранулометрией, если наибольшие и наименьшие размеры не выходят за пределы кривых оптимальной гранулометрии;
- глинистые и суглинистые грунты предварительно размельчают до такой степени, чтобы количество агрегатов крупнее 5 мм не превышало 25% общего объема грунта, в том числе содержание агрегатов более 10 мм не должно превышать 10%.

Вяжущие материалы, применяемые для укрепления грунта по способу, разделяются на три группы:

1. вяжущие, способные к самостоятельному структурообразованию (цемент);
2. вяжущие, не способные к самостоятельному образованию прочных водостойких структурных связей (известь);
3. вяжущие, образующие коагуляционные структуры (жидкие битумы и битумные эмульсии).

В этой связи при подборе оптимального количества вяжущего необходимо иметь в виду следующее. Количество вяжущего третьей группы имеет строго оптимальное значение выше и ниже которого свойства укрепленного грунта резко ухудшаются.

Для вяжущего второй группы с увеличением его количества прочность растёт до определённого предела, после которого она остаётся неизменной.

Для вяжущего первой группы зависимость прочности от его количества в пределах 2 – 3 до нескольких десятков процентов можно охарактеризовать логарифмической зависимостью.

При использовании органических вяжущих к ним предъявляются требования:

1. Обладать хорошим сцеплением (адгезией) с частицами грунта;
2. Хорошо перемешиваться с грунтом.

При использовании минеральных вяжущих работы проводят при температуре окружающей среды не ниже 5°C. При более низких температурах необходимы специальные добавки.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ВЯЖУЩИМИ

В основе классификации методов укрепления грунтов лежит применение вида вяжущего материала. Существуют следующие методы укрепления грунтов:

1. Укрепление минеральными вяжущими материалами.

К ним относятся различные виды цементов (портландцемент, шлакопортландцемент и др.), а также известь (молотая негашеная, гашеная гидрантная, гашеная гидрофобная).

Укрепленные грунты характеризуются высокой прочностью, гидроустойчивостью.

2. Укрепление органическими вяжущими материалами.

К ним относятся битумные эмульсии, разжиженные вязкие битумы, жидкие битумы, медленно и среднегустеющие дёгти.

Укрепленные грунты этими материалами обладают упруговязко-пластичными свойствами, достаточной водо- и морозоустойчивостью.

3. Укрепление комплексными вяжущими материалами.

В этом случае помимо основного вяжущего материала в грунт дополнительно вводится добавка, снижающая отрицательный фактор основного вяжущего и усиливающая его положительный эффект по образованию наиболее прочных и нерастворимых в воде соединений.

Применение комплексных вяжущих позволяет:

- ◆ расширить диапазон грунтов, пригодных для эффективного укрепления;
- ◆ обеспечить оптимальные условия для активного протекания процессов твердения и структурообразования;
- ◆ улучшить адгезию между грунтом и вяжущими материалами;
- ◆ обеспечить производство работ в неблагоприятные периоды года.

В качестве комплексных вяжущих используются:

1. Портландцемент с добавкой извести и NaOH. Применяют для укрепления кислых грунтов, а также для укрепления грунтов при отрицательной температуре;
2. Портландцемент с добавкой жидких битумов или битумных эмульсий. Применяют для повышения водо- и морозостойкости;
3. Битумные эмульсии с добавкой карбомидной смолы. Применяют для укрепления переувлажнённых грунтов, пылеватых мелких песков и лёгких суглинков.

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЁННЫХ ВЯЖУЩИМИ

При устройстве дорожных одежд укреплённые грунты укладываются в один либо в несколько слоёв, при этом верхний слой покрытия устраивается из смесей, приготовленных в смесительных установках. Для устройства дорожного полотна смешением на дороге используется дорожная фреза либо грунтосмесительные машины. Например, при укреплении грунта с применением дорожной фрезы последовательность технологических операций следующая:

1. Вывозка грунта и распределение его по подготовленному земляному полотну, профилирование и уплотнение до 0,85 – 0,9 от максимальной плотности;
2. Распределение цемента на всю ширину проезжей части;
3. Перемешивание грунта с вяжущим за 1 – 2 прохода фрезы по одному следу;
4. Увлажнение смеси до оптимальной влажности через дозировочное устройство фрезы с одновременным перемешиванием;
5. Перемешивание увлажнённой смеси до однородного состояния за 1 – 2 прохода фрезы по одному следу;
6. Планирование готовой смеси и уплотнение до установленной плотности;

7. Уход за свежеуложенным покрытием путём нанесения плёнообразующего материала.

Слои из цементогрунтовой смеси устраивают не менее 10 см и не более 22 см в плотном теле.

В случае, когда для укрепления грунтов применяют комплексные вяжущие, например, цемент с известью или цемент с золой уноса, вначале по спланированному и укрепленному грунту распределяют добавки (известь или золу уноса), перемешивают их с грунтом, а затем распределяют цемент с последующим перемешиванием, увлажнением и ещё перемешиванием, планированием и уплотнением.

При смешении на дороге грунтов с цементами и добавками в виде битумных эмульсий, либо жидкого битума, сначала в грунт вводят воду (50% от требуемого количества), затем цемент, и после перемешивания вводят органическое вяжущее и оставшееся количество воды.

При укреплении грунтов известью совместно с добавками золы уноса следует сначала ввести в грунт золу уноса, перемешать до однородного состояния, затем ввести известь, увлажнить грунт до оптимальной влажности и через сутки спланировать и уплотнить смесь.

Для приготовления смесей в смесительной установке с принудительным перемешиванием их устанавливают в карьерах. До начала обработки крупнообломочные грунты просеивают через грохоты с размером отверстий 40 мм. Дальнейшие технологические операции, например, при устройстве покрытия из супесчаного грунта, укрепленного цементом с добавкой золы уноса следующие:

1. Разработка супесчаного грунта в карьере с перемещением его бульдозером к приёмному бункеру транспортёра;
2. Подвозка воды;
3. Подвозка цемента и золы уноса;
4. Подача грунта по транспортёру в мешалку смесительной установки, дозирование цемента и золы, перемешивание компонентов смеси с одновременным увлажнением до оптимальной влажности, выгрузка смеси в накопительный бункер;
5. Подвозка готовой смеси от смесительной установки к месту укладки автосамосвалами;
6. Профилирование земляного полотна автогрейдером перед укладкой смеси;
7. Укладка смеси и её уплотнение.

Класс прочности грунтов, укрепленных вяжущими, устанавливается по результатам испытания образцов.

Физико-механические свойства	Показатели по классам прочности		
	I	II	III
Предел прочности при сжатии водонасыщенных образцов, МПа	6 – 4	4- 2	2 - 1
Предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов, МПа	1,0	0,6	0,2
Коэффициент морозостойкости	0,75	0,7	0,65

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗ ГРУНТОВ, УКРЕПЛЕННЫХ ВЯЖУЩИМИ

При устройстве покрытий из грунтов следует контролировать:

- не реже, чем 1 раз за смену – гранулометрический состав грунтов; число пластичности глинистых грунтов; степень размельчения глинистых грунтов путём отсева проб на ситах с отверстиями 5 и 10 мм; температуру органического вяжущего перед использованием; однородность эмульсии (отсутствие расслоения); качество смеси путём определения прочности образцов на сжатие; температуру смеси на глубине 0,2 – 0,4 м (при хранении сухих смесей в штабеле);

- не реже, чем через 200 м – влажность обрабатываемых грунтов и готовой смеси перед её уплотнением, а также плотность материала в уплотнённом состоянии в трёх точках на поперечнике (по оси и на расстоянии 0,5 м от кромки слоя):

- не реже, чем один раз за 5 смен – пригодность золы уноса; соблюдение требований по уходу.

Коэффициент уплотнения грунтов, укрепленных вяжущими, должен быть для переходных типов дорожных одежд 1,0 – 0,98.

После окончания всех работ проводится приёмка готового покрытия. Проверяется продольный и поперечный профиль, состояние водоотвода. Отклонение от проектной величины ширины проезжей части и земляного полотна не должны отличаться более чем на ±5 см. Также проверяется толщина уложенного покрытия путём пробивки лунок.

УКРЕПЛЕНИЕ (СТАБИЛИЗАЦИЯ) ГРУНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕСАЙКЛЕРОВ

Стабилизация грунтов – это процесс превращения не несущих грунтов в несущие. Существует 2 вида стабилизации грунтов с применением ресайклеров:

- улучшение грунтов;
- укрепление грунтов.

Улучшение грунтов производят путём их перемешивания и измельчения без применения вяжущих материалов.

Укрепление грунтов производят с использованием вяжущих.

В зависимости от типа грунта применяют различные вяжущие и их количество. Это определяется в лаборатории. Вид и ориентировочное количество вяжущего приведены в таблице.

Вид грунта	Вид и количество вяжущего
Суглинки лёгкие	2 – 5% извести
Мелкозернистые влажные грунты	2 – 5% цемента или извести
Гравелистые не пучинистые грунты	3 – 6% цемента
Сырые супеси	3 – 7% смеси цемента и извести в соотношении, определяемом в лаборатории

Используемые машины и последовательность выполнения операций представлены на рисунке.



ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ ОБЛЕГЧЁННОГО ТИПА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Дорожная одежда должна обеспечивать расчётную скорость, безопасность и комфортабельность движения транспортных средств. Выбор типа дорожной одежды и материала покрытия автомобильной дороги следует производить в зависимости от её категории. Так на дорогах III – V категорий устраивают

дорожные одежды облегчённого типа. В соответствии с ТКП 45-3.03-19-2006 для устройства покрытий дорожной одежды облегчённого типа применяются:

- асфальтобетонные плотные смеси марки III, укладываемые в горячем и тёплом состоянии;
- смеси, полученные путём смешения каменных материалов с органическими вяжущими в стационарной установке или непосредственно на дороге;
- смеси, образующиеся при пропитке (полупропитке) каменных материалов органическими вяжущими;
- органоминеральные смеси.

Толщина таких покрытий составляет от 4 до 8 см. Как правило, они перекрываются слоями износа или защитными слоями, предохраняющими покрытие от непосредственного воздействия колёс автомобилей и погодноклиматических факторов.

Слои дорожной одежды следует устраивать на готовом и принятом в установленном порядке земляном полотне. Непосредственно перед их устройством верхний слой земляного полотна профилируют и при необходимости производят доуплотнение до требуемой плотности.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ЩЕБНЯ, ОБРАБОТАННОГО ОРГАНИЧЕСКИМ ВЯЖУЩИМ ПО СПОСОБУ ПРОПИТКИ

Способ пропитки заключается в розливе органического вяжущего по поверхности щебёночного слоя с последующим распределением более мелкого щебня и уплотнением. Вяжущий материал проникает в промежутки между частицами щебня, обволакивает их и обеспечивает повышенное сцепление между щебёнками. Это способствует существенному улучшению прочностных показателей слоя щебня. Модуль упругости возрастает на 20 – 30%. Способ пропитки позволяет строить устойчивое покрытие без применения сложного оборудования. Однако обволакивание щебня вяжущим при отсутствии перемешивания происходит недостаточно равномерно. В результате в крупных порах могут возникать сгустки вяжущего, обуславливая нерациональный его расход.

По толщине обрабатываемого слоя различают пропитку (8 – 10 см) и полупропитку (5 – 7 см). В качестве вяжущего применяют битумы БНД 130/200, БНД 90/130, БНД 60/90, дёгти Д-6, ДС-7, прямые и обработанные эмульсии, составленные дёгтебитумные смеси. Применение дёгтя в верхнем слое на дорогах в населённых пунктах запрещено.

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, Д6 – до 90 – 120°С, ДС7 - до 90 – 100°С. Поверхностно-активные вещества, способствующие лучшему сцеплению органического вяжущего с минеральными материалами, вводят в вяжущий материал на базе.

Щебёночный материал должен соответственно отвечать следующим требованиям:

■ Марка по прочности или по дробильности не ниже: щебня из изверженных пород - 800; щебня из осадочных и метаморфических пород – 600; щебня из гравия – Др12 и Др16;

■ Марка по износу в полочном барабане не ниже: щебня из изверженных пород – И III; щебня из осадочных пород и щебня их гравия – И-IV.

■ Морозостойкость не ниже: Мрз15.

Покрытия способом пропитки строят из щебня следующий: 40 – 70; 20 – 40; 10 – 20; 5 – 10 мм. Температура окружающей среды должна быть не ниже 5°С. Работы выполняют в следующей последовательности:

1. Распределение основной фракции щебня;
2. Уплотнение катком массой 6 – 8 т (5 – 7 проходов по одному следу);
3. Розлив 50% вяжущего от общего расхода;
4. Распределение расклинивающей фракции щебня;
5. Уплотнение катком массой 10 – 13 т (2 – 4 прохода по одному следу);
6. Розлив 30% вяжущего от общего расхода;
7. Распределение второй расклинивающей фракции щебня;
8. Уплотнение катком массой 10 – 13 т (3 – 4 прохода по одному следу);
9. Розлив 20% вяжущего;
10. Распределение замыкающей фракции щебня;
11. Уплотнение катком массой 10 – 13 т (3 – 4 прохода по одному следу).

При использовании в качестве вяжущего эмульсии первый розлив вяжущего (70% эмульсии от общего расхода) допускается выполнять после распределения первой расклинивающей фракции, и её уплотнения. Остальные 30% эмульсии разливают после уплотнения второй расклинивающей фракции.

Перед началом работ производят проверку основания по геометрическим размерам, ровности, качеству уплотнения, излишней влажности. Для обеспечения ровности кромок и заданной ширины покрытия устанавливают упоры в виде временных или постоянных бордюров. Высота упоров должна соответствовать толщине слоя. Укладку щебня крупнее 20 мм производят

самоходными распределителями, а более мелкого щебня – навесными распределителями. Для распределения вяжущего применяют автогудронато слоем 1 см.

Очень важно обеспечить равномерность распределения, заливая пропущенные места вручную из шланга, которым снабжен автогудронатор, или из леек. На смежных участках в поперечных стыках при распределении вяжущего не должно быть перекрытия, которое приводит к местному избытку вяжущего и может быть причиной сдвигов покрытия, снижающих его ровность. Место поперечного стыка следует закрывать, примерно, на 2 м рубероидом, толем, бумагой или песком.

При использовании эмульсии россыпь щебня осуществляют после распада эмульсии и образования чёрной плёнки вяжущего на поверхности щебня предыдущего слоя.

Мелкий щебень и каменная мелочь должна заполнить пустоты, не образуя самостоятельного слоя.

Для повышения износостойкости, водонепроницаемости и морозостойкости готового покрытия по нему укладывают слой износа способом поверхностной обработки. В течении 20 – 25 дней после окончания работ принимают меры, обеспечивающие успешное формирование ровного покрытия. К таким мерам относят: регулирование движения для равномерного дополнительного уплотнения слоя, дополнительную подкатку первые 10 дней катками, систематическое наметание мелочи, разбрасываемой колёсами транспортных средств, для её втапливания в покрытие движущимися автомобилями, досыпку мелочи в местах выступления излишнего вяжущего. Скорость движения автомобилей должна быть ограничена 40 км/ч.

Контроль качества предусматривает испытание исходных материалов. Допустимое отклонение поперечного уклона покрытия от проектного - $\pm 5\%$. Отклонение ширины проезжей части – не более ± 5 см. При оценке ровности просвет под трёхметровой рейкой может быть не более 7 мм. В процессе возведения покрытия постоянно контролируют температуру вяжущего материала, равномерность его распределения (визуально), а также качество уплотнения.

ПОКРЫТИЯ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБРАБОТАННЫХ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ ПУТЁМ СМЕШЕНИЯ НА ДОРОГЕ

При способе смешения на дороге в отличие от пропитки, получается более устойчивый слой благодаря перемешиванию минерального материала с вяжущим, что приводит к лучшему обволакиванию минеральных частиц

вяжущим. Перемешивание на дороге позволяет повысить модуль упругости на 25 – 35% по сравнению с необработанным материалом.

Для смешения на дороге применяют маловязкие вяжущие поскольку вяжущие материалы повышенной вязкости для хорошего обволакивания минеральных частиц требуют нагрева, что сложно обеспечить в полевых условиях. Применяются битумы МГ 40/70, МГ 70/130Ю СГ 40/70, СГ 70/130, каменноугольные и сланцевые дёгти Д-3, Д-4, ДС-4, ДС-5, СГ 20/35, СГ 35/70, прямые дорожные эмульсии, дёгтебитумные смеси. Из этих материалов менее вязкие применяют при обработке минеральных материалов с повышенным содержанием мелких частиц. Применение дёгтя допустимо только за пределами населённых пунктов. Эмульсии прямого типа, распадающиеся со средней скоростью, применяют для обработки крупнозернистых смесей. Медленно распадающиеся эмульсии прямого типа рекомендуют для мелко- и среднезернистых смесей.

Лучшее обволакивание вяжущим достигают в случае применения гравийных материалов, частицы которых имеют более окатанную поверхность, чем щебень. Для покрытий применяют гравийный материал марки Др16. Марка по износу и требования к морозостойкости те же, что и для строительства покрытий по способу пропитки. Применяемые в смесях пески могут быть природными или дроблёными с модулем крупности не менее 2, разделёнными по крупности и обогащёнными. Дроблёный песок должен быть из неветрелых изверженных или метаморфических пород марки по прочности не ниже 800, осадочных – не ниже 400, гравия – не ниже Др16. Массовая доля пылевидных, илистых и глинистых частиц не должна превышать 3%, в том числе глины – не более 0,5%. Минеральный порошок, вводимый в смеси, может быть из отходов асбоцементного производства, золы уноса, пыли уноса цементных заводов, пылеватых грунтов с числом пластичности не более 17. В минеральном порошке должно быть не менее 60% частиц мельче 0,071 мм.

Минеральный материал по зерновому составу должен отвечать требованиям, которые предъявляют к оптимальным смесям. Для покрытий применяют мелкозернистые смеси с размером зёрен до 20 мм.

Строительство покрытий способом смешения на дороге включает следующие процессы:

- вывоз минерального материала на дорогу;
- перемешивание его с вяжущим;
- разравнивание и уплотнение.

Расход вяжущего устанавливают при подборе состава смеси в лаборатории. Обычно массовая доля вяжущего составляет от 4,5 до 7% (меньшее количество при более прочных минеральных материалах). Расход минеральных материалов

равен геометрическому объёму слоя, умноженного на коэффициент уплотнения $K_y = 1,25$. Перед строительством покрытия осуществляют приёмку нижележащего слоя, если требуется, то выравнивают и уплотняют. Минеральный материал подвозят и складывают на проезжей части. Перед началом перемешивания материал с помощью автогрейдера собирают в вал трапецеидального сечения. Площадь сечения вала должна соответствовать расходу материала на 1 м покрытия.

При частичном или полном использовании минерального материала существующей дорожной одежды с гравийным или щебёночным покрытием, эти покрытия очищают поливомоечной машиной и рыхлят кирковщиком после увлажнения из расчёта 3 – 5 л/м². В случае необходимости введения добавок для приближения состава смеси к оптимальной, или для повышения угла внутреннего трения введением щебня, а также при добавлении извести или цемента (укрепление комплексным вяжущим) производят предварительное перемешивание автогрейдером с этими добавками.

Для перемешивания минеральных материалов с вяжущими на дороге могут использоваться простейшие машины такие, как автогрейдеры и дисковые бороны, тяжёлые автогрейдеры, дорожные фрезы совместно с автогрейдером. Однако для получения более качественного покрытия лучше использовать передвижные смесители.

Материал, обрабатываемый вяжущим должен иметь влажность, близкую к оптимальной, составляющую при обработке битумом или дёгтем 2 – 4%, а эмульсиями 3-7%. Большее значение влажности относится к смесям, содержащим повышенное количество мелких частиц. При избыточной влажности материал предварительно необходимо просушить путём перевалки его автогрейдером. В случае недостаточной влажности проводят поливку и перемешивание. Для улучшения сцепления каменного материала с вяжущим полезно введение поверхностно-активных веществ и активаторов.

Вяжущие для улучшения обволакивания минерального материала распределяют за 3 – 5 приёмов равными порциями, кроме последнего розлива, который должен составлять, примерно, $2/3$ одной из предыдущих порций. После каждого распределения вяжущего проводят перемешивание 5 – проходами автогрейдера, 1 – 2 проходами дорожной фрезы или 2 – 3 проходами бороны. Для окончательного разравнивания и профилирования смеси применяют автогрейдер с автоматической установкой отвала.

Для уплотнения наиболее эффективно применение катков на пневмошинах или виброкатков. Уплотнение ведут от кромки слоя к середине с перекрытием предыдущей полосы на 0,3 ширины прохода. Возможно

применение катков с гладкими вальцами 5 – 10 т. Общее число проходов около 18 – 20.

По окончании уплотнения открывают движение автомобилей, регулируя его по ширине для окончательного формирования слоя. Этот период длится 15 – 20 суток, в случае уплотнения виброкатками – 5 – 10 суток. По окончании ухода покрытие должно иметь плотность 0,95 – 0,98 от оптимальной.

При использовании передвижных смесителей минеральные материалы из предварительного подготовленного продольного вала подают элеваторным погрузчиком в бункер передвижного смесителя или в сушильный барабан, откуда материал поступает в смеситель. Сюда из расходного бака дозировочный насос подаёт подогретое вяжущее (битумная эмульсия без подогрева). Температура подогрева вяжущего в зависимости от его типа составляет 70 – 90°С, температура минерального материала – 60 – 80°С. После перемешивания смесь может распределяться асфальтоукладчиком либо автогрейдером как при перемешивании на дороге.

Контроль качества работ при смешении на дороге предусматривает испытания вяжущих материалов и минеральных смесей, ровности и ширины покрытия. При этом исходят из требований, применяемых к покрытиям, устроенным по способу пропитки. Кроме того, в процессе приготовления смеси проводят отбор проб для испытания состава и механических свойств смеси в лаборатории.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ЩЕБНЯ, ОБРАБОТАННОГО ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ В СТАЦИОНАРНОЙ УСТАНОВКЕ

Щебень, предварительно обработанный органическими вяжущими в стационарной установке, разделённый по размерам, применяют при строительстве покрытий по способу заклинки. Обработку вяжущим проводят в асфальтосмесителях, что создаёт наилучшее обволакивание минеральных зёрен. Это обеспечивает повышенное сцепление между зёрнами щебня при более экономичном расходе вяжущего. Слои из таких материалов обладают лучшей сдвигоустойчивостью, чем при строительстве способом пропитки или смешении на дороге. Модуль упругости слоя из щебня, обработанного вяжущим в стационарной установке, примерно в 1,5 раза выше модуля упругости слоя из щебня той же прочности, построенного по способу пропитки. Погодные условия в период строительства в меньшей степени влияют на качество слоёв из щебня, обработанного вяжущим в стационарной установке, но стоимость этого материала выше, чем при обработке вяжущим на дороге, вследствие применения асфальтосмесителей. Покрытия из щебня,

обработанного вяжущим в установке, строят на дорогах, где ожидаемая интенсивность движения составляет 4000 авт./сут. Вид применяемого вяжущего требует различной температуры приготовления и укладки щебня, обработанного вяжущим. В связи с этим данный материал разделяют на горячий, тёплый и холодный.

Вид щебня, обработанного вяжущим	Марка вяжущего	Температура нагрева, °С	
		Исходного щебня	Вяжущего
1	2	3	4
Горячий	БНД 90/130; БН 90/130 БНД 40/60	150-170	140-160
Тёплый	БНД 200/300; БН 200/300; БНД 130/200; БН 130/200; СГ 130/200; МГ 130/200; Д-6; ДС-7	120-100	110-140
		110-130 10-120	80-110 100-120
Холодный	СГ 70/130; МГ 70/130 Д-5; ДС-6	100-120 80-90	90-110 70-80

Климатические условия применения горячего, тёплого и холодного щебня, обработанного вяжущим, те же, что и соответствующего асфальтобетона. Требования к щебню, обрабатываемому вяжущим в стационарной установке, такие же, как и при устройстве покрытий по способу пропитки.

Перемешивание щебня с вяжущим при производстве горячего щебня обычно делится 3 мин, тёплого и холодного – не менее 4 мин. Применение поверхностно-активных веществ снижает продолжительность перемешивания на 15 – 20%. Обволакивание щебня вяжущим должно быть равномерным, без разрывов плёнки; вяжущее не должно стекать со щебёнок. Мелкий щебень, обладая большой удельной площадью поверхности, требует повышенного расхода вяжущего.

Транспортирование горячего и тёплого обработанного вяжущим щебня осуществляют отдельно по размерам в автомобилях-самосвалах, кузов которых смазывают мыльным раствором, мазутом или нефтью, чтобы предотвратить налипание материала. Для минимального снижения температуры горячего и тёплого щебня при перевозке дальше 20 км и в ветреную прохладную погоду (температура воздуха до 10°С) кузов накрывают брезентом, щитами, матами, хорошо их закрепляя. Холодный щебень, обработанный вяжущим, можно перевозить автомобилями, а также железнодорожным и водным транспортом. Погрузку этого материала проводят

транспортёрами, автопогрузчиками, экскаваторами. Во избежание слёживания в процессе перевозки на дальние расстояния температура холодного щебня должна быть не выше 30°С. При большей температуре перевозка только автомобилями-самосвалами. Хранение холодного щебня, обработанного медленногустеющим битумом класса МГ, осуществляют на открытых площадках с обеспеченным водоотводом или под навесом. Высота штабеля, при которой не происходит слёживание – не более 2 м. Длительность хранения до 8 месяцев. При большем сроке хранения вяжущее теряет свойства, обеспечивающие хорошее формирование слоя. Щебень, обработанный битумом, густеющим со средней скоростью класса СГ или дёгтем, хранят не более 4 месяцев.

Технология строительства слоёв из щебня, обработанного вяжущим, имеет ряд общих элементов со способом пропитки, кроме распределения вяжущего, которое в данном случае вводят в асфальтосмеситель. Слой, на который укладывают щебень, должен быть очищен от пыли и грязи. Перечень основных операций при строительстве слоя из щебня, предварительно обработанного вяжущим, следующий:

- подгрунтовка основания разжиженным битумом или битумной эмульсией 0,6 л/м²;
- распределение щебня размером 20 – 40 мм 10 – 12 м³/ 100 м²;
- уплотнение лёгким или средним катком 6 – 8 проходов по следу;
- распределение щебня размером 10 – 20 мм 1,0 – 1,1 м³/100 м²;
- уплотнение тяжёлым катком 5 – 7 проходов;
- распределение щебня размером 5 – 10 мм 0,7 – 0,8 м³/100 м²;
- окончательное уплотнение тяжёлым катком 9 – 10 проходов.

Для подгрунтовки применяют автогудронаторы. Щебень, обработанный вяжущим, можно распределять асфальтоукладчиком, универсальным распределителем; допустимо применен е автогрейдера. Для предотвращения остывания горячий щебень необходимо распределять и уплотнять немедленно после его доставки на объект. Тёплый щебень в зависимости от температуры воздуха допустимо в зоне работ хранить до 1 – 2 ч. Минимальная температура щебня при распределении в зависимости от температуры воздуха следующая:

Вид щебня	Температура воздуха, °С				
	10	5 – 10	0 – 5	0 – 5	-5 - 10
	Температура щебня, °С				
Горячий	120	130	140	150	-
Тёплый	60 – 80	70 – 90	80 – 100	90 – 110	100 - 120

Холодный	10	10	10	-	-
----------	----	----	----	---	---

В случае применения ПАВ температура горячего щебня может быть снижена на 20° С. Меньшие температуры для тёплого щебня соответствуют щебню, обработанному жидким битумом.

Учитывая более длительное формирование холодного щебня, строительство покрытия из него должно быть завершено за 3 – 4 недели до осенних дождей. После уплотнения в щебне размером 20 – 40 мм должны оставаться пустоты для заполнения расклинивающим материалом.

Расклинивающий материал после распределения наматают механическими щётками. Для повышения водонепроницаемости, шероховатости и износостойкости на покрытии из щебня, обработанного вяжущим, устраивают поверхностную обработку.

На покрытиях из щебня, особенно холодного в начальный период эксплуатации, необходим уход, состоящий в регулировании движения транспортных средств по всей ширине проезжей части. Длительность такого периода составляет 7 – 15 суток для горячего и тёплого щебня, 20 – 30 суток – для холодного.

Контроль качества слоёв из щебня, обработанного вяжущим в установке, осуществляют аналогично контролю качества слоёв, построенных по способу пропитки, включая испытание материалов.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ВЛАЖНЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ (ВОМС)

Разновидностью смесей из щебня, обработанного органическим вяжущим в стационарной установке, представляют собой влажные органоминеральные смеси (ВОМС). Эти смеси включают в себя увлажнённые минеральные материалы подобранного состава, активатор или поверхностно-активные добавки и жидкое органическое вяжущее. Достоинства таких смесей состоят в широкой возможности применения местных минеральных материалов, меньшем расходе органического вяжущего, экономии энергии на приготовление смеси.

В зависимости от наибольшего размера зёрен минерального материала ВОМС разделяют на крупнозернистые (зёрна до 40 мм), мелкозернистые (зёрна до 20 мм), песчаные (зёрна до 5 мм). Их применяют для строительства покрытий дорожных одежд облегчённого типа на дорогах III и IV категории.

В качестве вяжущего применяют жидкие битумы. Вязкость битума по стандартному вискозиметру с отверстием 5 мм при температуре 60°С должна быть в пределах 4- - 120 с.

Щебень для производства ВОМС может быть изготовлен из естественного камня, гравия или металлургических шлаков.

Песок может быть природный или дроблёный различной крупности с примесью глины не более 5%.

Минеральный порошок или порошкообразные отходы должны отвечать требованиям ГОСТ.

В качестве активаторов применяют воздушную известь (гашеную) или цемент. При отсутствии активаторов применяют поверхностно-активные вещества.

Вода должна соответствовать требованиям к питьевой воде любой жёсткости. Недопустимо применение засоленных или сточных вод.

Для приготовления ВОМС применяют лопастные мешалки принудительного перемешивания с частотой вращения не менее 70 об/мин (асфальто-смесители, бетоносмесители, оборудование для приготовления битумных шлаков).

В случае использования асфальтосмесителей температура минеральных материалов на выходе из сушильного барабана не должна превышать 80°C, чтобы избежать закипания и интенсивного испарения воды.

Высокое качество смеси обеспечивается точностью дозирования щебня, песка, минерального порошка, вяжущего, добавок и воды.

Транспортирование смеси к месту укладки осуществляют в автомобилях-самосвалах, кузов которых для предотвращения испарения воды в сухую жаркую погоду (более 25°C), и при сильном ветре должен быть накрыт брезентом.

Для распределения слоя ВОМС применяют асфальтоукладчик, но возможно использование и автогрейдера.

Лучшее качество уплотнения ВОМС достигают применением самоходных пневмоколёсных катков (особенно при температуре 20°C и более). При температуре менее 20°C допустимо использование катков с гладкими металлическими вальцами (средних и тяжёлых). В случае использования катков с гладкими вальцами необходим технологический разрыв 30 суток, в процессе которого производят дополнительное уплотнение регулируемым движением автомобилей с ограниченной скоростью до 40 км/ч.

На участках, требующих обеспечения повышенной шероховатости, ее обеспечивают путём вдавливания мелкого щебня (5 – 10 мм) без розлива органического вяжущего, возможна укладка слоя износа из шероховатого битумного шлама.

Контроль качества ВОМС начинают с качества материалов, точности их дозировки, продолжительности перемешивания. Готовая смесь должна быть

однородной, не содержать комков и нитей вяжущего, быть удобообрабатываемой при выгрузке, укладке и уплотнении. Влажность, средняя плотность, водонасыщение, прочностные показатели не должны отличаться от их значений, установленных при подборе состава смеси более чем на 5%. Влажность смеси определяют не реже 1 раза в смену. Также один раз в смену отбирают пробу (4 – 5 кг) для приготовления образцов и испытания.

На готовом покрытии через 28 суток на каждом километре отбирают вырубki, на которых измеряют толщину слоёв, а затем в лаборатории определяют коэффициент уплотнения, остаточную пористость и водонасыщение.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ЭМУЛЬСИОННО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Эмульсионно-минеральные смеси (ЭМС) получают путём смешения в стационарной или мобильной установке минерального материала, эмульсии битумной катионной дорожной воды и различных добавок. ЭМС могут готовиться по следующим технологическим схемам:

1. Комплексная схема. Все компоненты ЭМС перемешиваются в одном смесителе до получения однородной смеси;
2. Раздельная схема:
 - а. предварительная обработка заполнителя вяжущим (мелкая фракция обрабатывается эмульсией или горячим битумом);
 - б. предварительная обработка наполнителя вяжущим (предварительно обрабатывается вяжущим крупная фракция);
 - в. раздельная предварительная обработка вяжущим и заполнителя и наполнителя (крупная и мелкая фракции обрабатываются раздельно и хранятся. По мере необходимости их перемешивают в холодном смесителе).

3. Последовательная схема. Крупная фракция обрабатывается вяжущим в передней части мешалки, мелкая фракция перемешивается с эмульсией в задней части мешалки. После чего их соединяют и перемешивают вместе.

В качестве крупной фракции минеральной части для приготовления ЭМС применяют щебень и гравий следующих основных фракций: от 5 до 10 мм; свыше 10 до 15 мм; свыше 15 до 20 мм; свыше 20 до 40 мм. Применяют также в отдельных смесях фракцию от 5 до 20 мм.

В качестве мелкой фракции используют пески природные и песков из отсева дробления горных пород.

В качестве вяжущего для приготовления ЭМС применяют эмульсии битумные катионные дорожные медленно распадающиеся марки ЭБКД-м-60 и ЭБКД-м-65. Вода должна соответствовать требованиям к питьевой воде. Общее количество её в смеси должно составлять 5 – 8% по массе с учётом влажности исходных материалов и воды, входящей в состав эмульсии. На практике количество воды определяется визуально при пробном замесе. Если смесь представляет собой рыхлую, сухую, неоднородную массу с большим количеством комков вяжущего с мелкой фракцией и необработанных вяжущим частиц крупной фракции, то необходимо увеличить количество воды. Если смесь приобретает избыточную пластичность, то содержание воды в ней нужно уменьшить.

В зависимости от вида крупной фракции минеральной части ЭМС подразделяются на:

- гравийные (Г);
- щебёночные гранитные (ЩГ);
- щебёночные доломитовые (ЩД).

В зависимости от наибольшего размера зёрен ЭМС подразделяются на следующие типы:

- 10 – с зёрнами размером до 10 мм;
- 15 – с зёрнами размером до 15 мм;
- 20 – с зёрнами размером до 20 мм;
- 40 – с зёрнами размером до 40 мм (применяется для устройства нижних слоёв покрытия).

В зависимости от вида мелкой фракции минеральной части ЭМС делятся на классы:

- ◆ I – смеси, приготовленные с применением песка из отсева материалов дробления горных пород;
- ◆ II – смеси, приготовленные с применением природного песка с содержанием пылеватых и глинистых частиц не более 5%.

Устройство конструктивного слоя из ЭМС осуществляется в сухую погоду при температуре не ниже 5°C. Оптимальные календарные сроки устройства покрытия из ЭМС – с мая по август включительно. Укладка ЭМС производится в один или два слоя общей толщиной до 250 мм. При толщине слоя до 100 мм ЭМС укладывается в один слой, однако, если есть необходимость устранения неровностей в поперечном и продольном профилях, устраивают выравнивающий слой толщиной 30 мм.

Для укладки покрытия из ЭМС используются асфальтоукладчики.

Уплотнение покрытия из ЭМС производится от кромки к середине проезжей части. При уплотнении конструктивного слоя толщиной до 100 мм используются катки на пневматических шинах при внутреннем давлении 5 – 7 кг/см², а при уплотнении слоя толщиной более 100 мм – пневматические катки для предварительного уплотнения и вибрационные для последующего. В зависимости от интенсивности движения на устроенном покрытии из ЭМС устраивают защитные слои: либо одиночную, либо двойную поверхностную обработку. В процессе устройства покрытия из ЭМС контроль осуществляется на стадии приготовления смеси. Контролируется:

- точность дозирования исходных компонентов;
 - качество перемешивания исходных материалов (однородность);
- консистенция смеси (визуально смесь должна представлять собой рыхлую связанную массу).

Для каждой 10-й партии (партией считается количество материала одного состава, выпускаемого на одной установке в течении одной смены, но не более 500 т. Контролируются следующие показатели качества:

- водонасыщение;
- набухание;
- предел прочности при сжатии при температуре 20°С.

Перед началом производства работ по укладке ЭМС необходимо обеспечить ровность нижележащего слоя. Покрытие считается достаточно уплотнённым в том случае, если после последнего прохода катка перед его вальцом не образуется волны и не остаётся следа катка на поверхности устроенного слоя.

Ровность покрытия контролируется измерением просветов под рейкой длиной 3 м или измерительным оборудованием типа толчкомера, лазерных или ультразвуковых профилометров.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ХОЛОДНЫХ РЕГЕНЕРИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Холодные регенерируемые асфальтобетонные смеси (ХРАС) представляют собой смесь асфальтового гранулята, воды, битумной катионной эмульсии, взятых в определённых соотношениях. Они приготавливаются в стационарных или мобильных установках, специальных смесителях-укладчиках и укладываются в холодном состоянии. В качестве добавок для улучшения физико-механических характеристик в холодную регенерируемую асфальтобетонную смесь при её приготовлении могут вводиться цемент, щебень,

песок из отсевов дробления. Оценка пригодности старого асфальтобетона к холодной регенерации, а также проектирование состава холодной регенерированной асфальтобетонной смеси производится в лаборатории. К минеральным материалам предъявляются следующие требования: щебень, входящий в состав минеральной части, должен соответствовать ГОСТ 8267-93, а песок природный и песок из отсевов дробления – ГОСТ 8736-93. Зёрен в щебне пластинчатой формы не должно быть более 35%. В качестве вяжущего для ХРАС используются эмульсии битумные катионные марок ЭБК-м-55, ЭБК-м-60. Ориентировочное содержание эмульсии в составе ХРАС составляет 2 – 3% по массе гранулята. Асфальтобетонный гранулят для производства холодных регенерированных асфальтобетонных смесей приготавливают путём прямого фрезерования существующего покрытия «холодными» фрезами с последующей отгрохоткой фракции крупнее 40 мм или переработкой асфальтобетонного лома на стационарных базах, оснащённых дробильно-сортировочным оборудованием.

Для приготовления ХРАС применяют стационарные или мобильные смесительные установки, оснащённые двух или трёх секционными дозаторами для составляющих компонентов (гранулят, эмульсия, вода). В необходимых случаях смесительные установки оснащают дозаторами цемента.

Для укладки ХРАС применяют асфальтоукладчики, а также асфальто-смесители укладчики. Работы ведут при температуре воздуха не ниже 5°C. Толщина слоя укладки из ХРАС может колебаться от 50 до 120 мм.

Технические средства уплотнения и схему их работы выбирают в зависимости от толщины уложенного материала. При уплотнении слоёв ХРАС толщиной до 80 мм схема работы уплотняющих средств должна быть следующей: пневмоколёсный каток – впереди (8 – 12 проходов), а виброкаток – сзади (4 – 6 проходов). При уплотнении слоёв до 120 мм схема уплотнения меняется на обратную: виброкаток – впереди (4 – 6 проходов), а пневмоколёсный каток – сзади (8 – 12 проходов). Покрытие считается достаточно уплотнённым в том случае, если после последнего прохода катка перед его вальцом не образуются волны и не остаётся след.

Приёмку ХРАС производят партиями (партией считается количество смеси одного состава, выпускаемой заводом в течение одной смены, но не более 200 т). После приёмки смесь может быть помещена на склад, где допускается перемешивание её с другой холодной регенерированной асфальтобетонной смесью того же состава. При приёмо-сдаточных испытаниях определяют:

- ▲ предел прочности на сжатие при температуре 20° и 50°C;
- ▲ коэффициент водостойкости;
- ▲ водонасыщение;

- ▲ набухание;
- ▲ зерновой состав.

В ходе периодических испытаний определяют коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении и содержание остаточного битума. Контроль качества исходных материалов осуществляют в соответствии с требованиями нормативных документов на конкретный материал. На базах по производству ХРАС контролируют дозировку минеральных материалов, битумной эмульсии, воды, влажность минеральных материалов. При отгрузке потребителю ХРАС предприятие – изготовитель обязано сопровождать каждое транспортное средство паспортом. Смеси транспортируют к месту укладки автомобилями – самосвалами. В случае невозможности немедленной отправки смеси к месту укладки допускается хранить её в летний период на открытых площадках (при условии использования её в течение смены).

Перед началом производства работ по укладке смесей следует обеспечить ровность основания.

ПОКРЫТИЯ ИЗ ПЛОТНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ, УКЛАДЫВАЕМЫХ В ХОЛОДНОМ СОСТОЯНИИ

Технология устройства покрытий из холодных асфальтобетонных смесей (ХАС) состоит из следующих операций:

- ▶ подготовка основания;
- ▶ транспортирование;
- ▶ укладка и уплотнение смеси.

Транспортирование ХАС возможно на любое экономически оправданное расстояние. Холодную смесь до укладки можно хранить в штабелях на пристанционных и придорожных складах. Заблаговременная вывозка холодных смесей на дороге облегчает равномерное использование автомобилей в течение всего года. Однако организация притрассовых складов вызывает дополнительные погрузочно-разгрузочные работы, дополнительные перевозки на короткие расстояния. Если же смесь вывозить и укладывать заблаговременно вдоль проезжей части на готовое основание, то за длительное время хранения она может потерять свои качества. Поэтому при складировании вдоль проезжей части срок хранения до укладки в покрытие не должен превышать 3 – 4 недель. В штабелях ХАС может храниться дольше: смесь на средне густеющем битуме до 4 месяцев; на МГ битуме до 8 месяцев. Пролежавшая в штабелях смесь больше этого срока, понижает свою

способность к уплотнению и формированию монолитного покрытия и её нельзя использовать для покрытия.

Устраивать покрытие из ХАС в начале строительного сезона можно начинать при температуре воздуха не ниже 5°С при условии, что основание полностью оттаяло и просохло. Заканчивать работы по устройству таких покрытий следует за 20 – 30 дней до наступления дождливого периода.

Для повышения сцепления холодного асфальтобетона с основанием за одни – двое суток до укладки покрытия разливают жидкий битум СГ-40/70, МГ-70/130 или битумную эмульсию в количестве 0,5 – 0,8 л/м². При розливе эмульсии учитывают срок распада, чтобы укладку смеси начать после её распада. Температура розлива битума 70 – 80°С. Перед началом укладки смеси производят разбивку для соблюдения проектной ширины поперечных уклонов и прямолинейности кромок покрытия. Укладывают холодную смесь асфальтоукладчиком. После прохода укладчика

И уплотнения трамбуящим брусом, толщина слоя должна быть на 10 – 15% больше проектной ширины.

Продольные и поперечные сопряжения смежных полос должны быть прямолинейны и иметь вертикальные грани. Перед укладкой смежной полосы с ранее уплотнённой, вертикальные грани смазывают нагретым битумом.

При работах на уширениях, холодную смесь укладывают вручную или автогрейдером.

Уплотнение покрытий из холодных смесей существенно отличается от уплотнения покрытий из горячих смесей. Начальное уплотнение после укладки и профилирования осуществляют лёгкими катками весом 5 т за три – четыре прохода по одному следу. Окончательное уплотнение покрытия происходит под действием движения автомобилей со скоростью не более 40 км/ч, а в первые несколько дней – 20 – 25 км/ч. В этот же период для равномерного уплотнения покрытия по всей ширине проезжей части необходимо регулировать движение автомобилей, устанавливая лёгкие переносные ограждения. При достаточной интенсивности движения (не менее 500 авт/сут) и благоприятной погоде через 2 – 3 недели формирование покрытия достигает стадии, когда можно снять ограничение скорости и прекратить регулирование движения по ширине проезжей части. Однако пористость покрытия остаётся ещё значительной, т.к. особенность покрытия из ХАС такова, что формирование покрытия происходит несколько лет, вначале активно, а затем с постепенным затуханием. Поэтому целесообразно такие покрытия закрывать одиночной поверхностной обработкой. Приёмка готового покрытия из ХАС такая же, как и покрытия, устроенного из тёплых и горячих асфальтобетонных смесей.

ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ДОРОГ

К реконструкции относят работы по замене изношенных и устаревших сооружений более прочными и экономичными, обеспечивающими (с учётом движения на перспективу) повышение безопасности движения и транспортно-эксплуатационных показателей технических нормативов для более высокой категории, чем та, к которой была отнесена дорога. При реконструкции строят отдельные участки дороги по совершенно новому направлению, если их геометрические элементы не соответствуют строительным нормам для той категории, в которую переводят дорогу. В этом случае дорожные одежды строят на новом земляном полотне. Необходимость реконструкции дороги возникает, когда коэффициент интенсивности движения и коэффициент безопасности движения в среднем для дороги превышает 1.

Могут возникнуть случаи, когда старую дорожную одежду можно использовать, но необходимо её уширение, усиление или одновременно уширение и усиление.

При полной перестройке разбирают дорожные одежды, а полученные строительные материалы используют для строительства новой дорожной одежды. Песчаные основания под мостовыми переходами обычно загрязнены грунтом, поэтому песок оставляют в составе земляного полотна. Переработка вскиркованного материала для улучшения его качества и применения в новой дорожной одежде состоит в прогохотке для отсева грунта и мелочи, обогащении добавкой нового щебёночного материала, обработке вяжущим. Возможно использование старых щебёночных и гравийных оснований и покрытий путём вскирковывания их материала, обработки его вяжущим на месте и уплотнении для образования слоя основания новой дорожной одежды. Покрытия и основания из материалов, обработанных органическими вяжущими, взламывают и используют для приготовления новых смесей. Для этого вскиркованный материал пропускают через смеситель и обрабатывают небольшим количеством битума или дёгтя.

Ремонт асфальтобетонных покрытий вследствие потери ими ровности, обилия трещин, выбоин и других разрушений проводят путём строительства на старом покрытии нового слоя износа. В результате сравнительно частых ремонтов и укладки новых слоёв существующие покрытия имеют большую толщину. Поэтому, когда нет необходимости в укладке нового слоя асфальтобетона, стремятся использовать асфальтобетон старого покрытия.

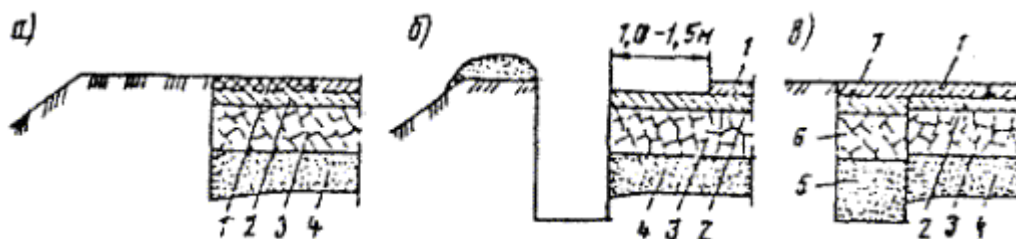
Возможно обновление (регенерация) старого асфальтобетона на заводах. Чаще используют машины, позволяющие производить обновление старого

асфальтобетона на месте. Эти машины разогревают старый асфальтобетон горелками инфракрасного излучения, фрезой снимают размягчённые слои, конвейером грузят в автомобили для отправки на завод. Старый асфальтобетон и необходимые добавки подают в барабанный смеситель и с учётом его состава добавляют новые материалы, всё перемешивают и выпускают новую асфальтобетонную смесь. Широко используются машины, которые на разогретый и разрыхлённый старый асфальтобетон распределяют подвезённую новую асфальтобетонную смесь и с ней перемешивают.

Изношенные цементобетонные покрытия и основания при использовании для строительства на них новой дорожной одежды требуют большой толщины нового покрытия (не менее 12 – 15 см). Опыт показывает, что при меньшей толщине трещины и разрушения цементобетона отразятся в виде соответствующих деформаций на новых покрытиях. Поэтому часто цементобетон старого покрытия или основания дробят на куски молотом массой 2 – 3 т, подвешенным к стреле крана или экскаватора и сбрасываемым с высоты не менее 3 м. Раздробленный на крупные куски бетон уплотняют на месте для строительства дополнительного слоя будущего основания, или пропускают через камнедробилку для получения щебня, используемого в последующем после обработки вяжущим для строительства основания.

УШИРЕНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ

При реконструкции дорог и использовании старого земляного полотна может возникнуть необходимость уширения дорожных одежд. Например, уширение составляет 1,5 м при переводе дорог из V в IV категорию, из IV в III – 1 м, из III во II – 0,5 м. Старую проезжую часть во избежание искажения поперечного профиля целесообразно уширять с обеих сторон на одинаковую ширину. Это усложняет работы, поэтому, как правило, делают одностороннее уширение. Работы по уширению проезжей части вызывают необходимость уширения земляного полотна. Технология строительства основания и покрытия на полосе уширения в основном не отличается от работ, проводимых при строительстве новой дороги. Особенности состоят в том, что дорожные машины по ширине больше уширяемой полосы и без использования навесного оборудования не могут быть применены. В виду большого объёма работ по уширению создано много специализированных машин. Трудность состоит в необходимости получения ровного и плотного соединения уширяемой части элементов одежды с существующими.

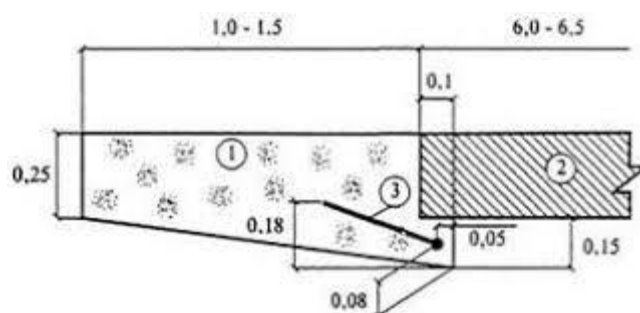


На рисунке: а – дорожная одежда до уширения; б – подготовка ящика для уширяемой части; в – конструкция уширения дорожной одежды и обочины;
 1 – верхний слой асфальтобетона; 2 – нижний слой асфальтобетона;
 3 – щебёночное основание; 4 – песчаный слой; 5 – песок;
 6 – щебень; 7 – старый асфальтобетон.

При уширении также нужно сохранить существующую или создать новую систему осушения верхней части земляного полотна и основания дорожной одежды. Это требует создания специальной конструкции дорожной одежды примыкающей части (рис. а).

Первой операцией является прорывка траншеи на ширину уширения вдоль кромки проезжей части (рис. б).

При уширении цементобетонного покрытия для создания лучшей связи с существующим покрытием и усиления его кромки применяют специальную конструкцию уширения повышенной толщины.



На рисунке: 1 – бетонная полоса уширения; 2 – старое бетонное покрытие;
 3 – арматурный стержень.

Для лучшей связи покрытий, построенных с органическими вяжущими, с полосой уширения на основном покрытии на ширину 1 – 1,5 м снимают верхний слой и укладывают новое покрытие, перекрывающее полосу уширения и старое покрытие.

Для создания однообразного внешнего вида всей поверхности покрытия, повышения его прочности, а также общего улучшения эксплуатационных качеств дорожной одежды после её уширения укладывают слой износа по все ширине покрытия.

УСИЛЕНИЕ ДОРОДНЫХ ОДЕЖД

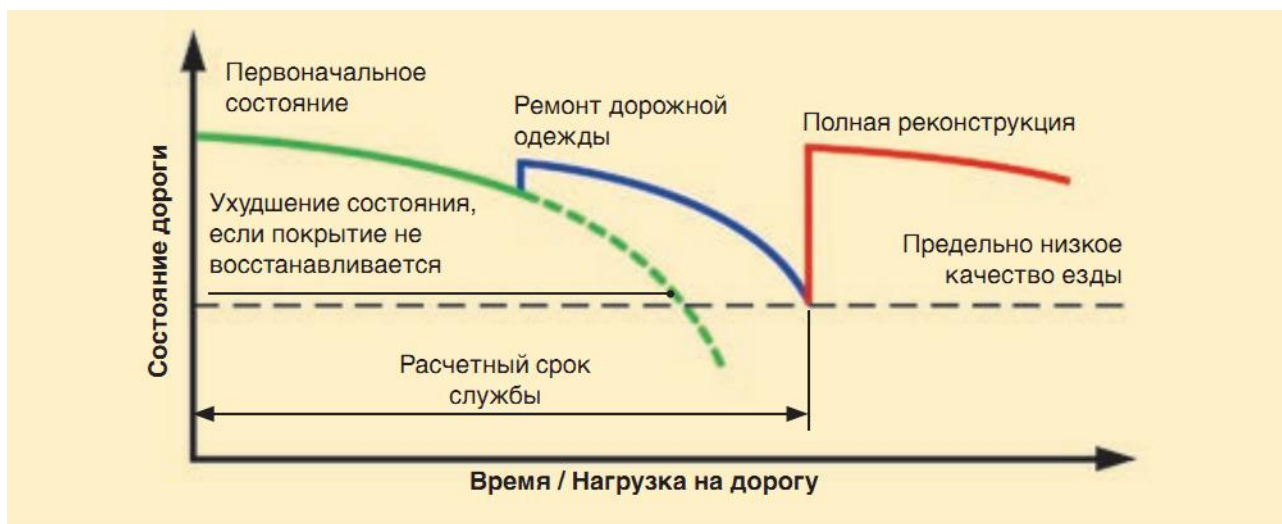
При реконструкции дороги могут встретиться участки старой дороги, геометрические элементы которой отвечают требованиям, предъявляемым к новой дороге. В этом случае может оказаться достаточным провести усиление старой дорожной одежды, укладывая новые слои из материалов, прочностные свойства которых выше, чем материалы старой дорожной одежды. Требуемый модуль упругости всей дорожной одежды обеспечивают надлежащей толщиной нового верхнего слоя. До укладки нового слоя старое покрытие должно быть тщательно очищено. После очистки проводят текущий ремонт покрытия с заделкой трещин, выбоин, обломанных кромок. Когда поперечный профиль существующего покрытия крутой или искажён, его необходимо исправить до укладки слоя усиления. Для усиления и выравнивания слоёв предпочитают применять горячие асфальтобетонные смеси.

Дорожные одежды переходного типа из щебёночных и гравийных материалов усиливают без укладки новых слоёв путём вскирковывания их на толщину 6 – 8 см и обработки органическим вяжущим по способу смешивания на дороге, а щебня – по способу пропитки.

При реконструкции могут встретиться участки, на которых необходимо провести не только усиление или уширение дорожной одежды, но и то и другое совместно.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕСАЙКЛЕРОВ (ХОЛОДНЫЙ РЕСАЙКЛИНГ)

Холодный ресайклинг – это технология, при помощи которой за счёт смешивания существующих повреждённых слоёв покрытия и основания дорожной одежды с вяжущими, приготавливаются новые несущие слои с заданными характеристиками. Целесообразно применять эту технологию при значительных разрушениях, т.е. когда состояние покрытия достигает нижнего предела. Если состояние покрытия ещё не достигло нижнего предела, то экономически выгоднее фрезеровать верхний слой и уложить новый слой асфальта. Графически это можно изобразить следующим образом.



Алгоритм технологии холодного ресайклинга следующий:

- определение срока службы ремонтируемого участка;
- взятие проб по всей длине участка;
- разбивка ремонтируемой дороги на характерные участки;
- предварительный выбор технологии холодного ресайклинга;
- лабораторный и экономический анализ для определения окончательного варианта ресайклинга;
- подготовка и проведение работ;
- контроль качества проведения работ.

Технологический процесс представлен на схеме 1.

В качестве вяжущего используют цемент, битумную эмульсию, вспененный битум. Возможные варианты применения этих вяжущих представлены на схеме 2. Выбор варианта определяется состоянием каждого однотипного участка.

Процесс получения вспененного битума представлен на схеме 3.



Схема 1.

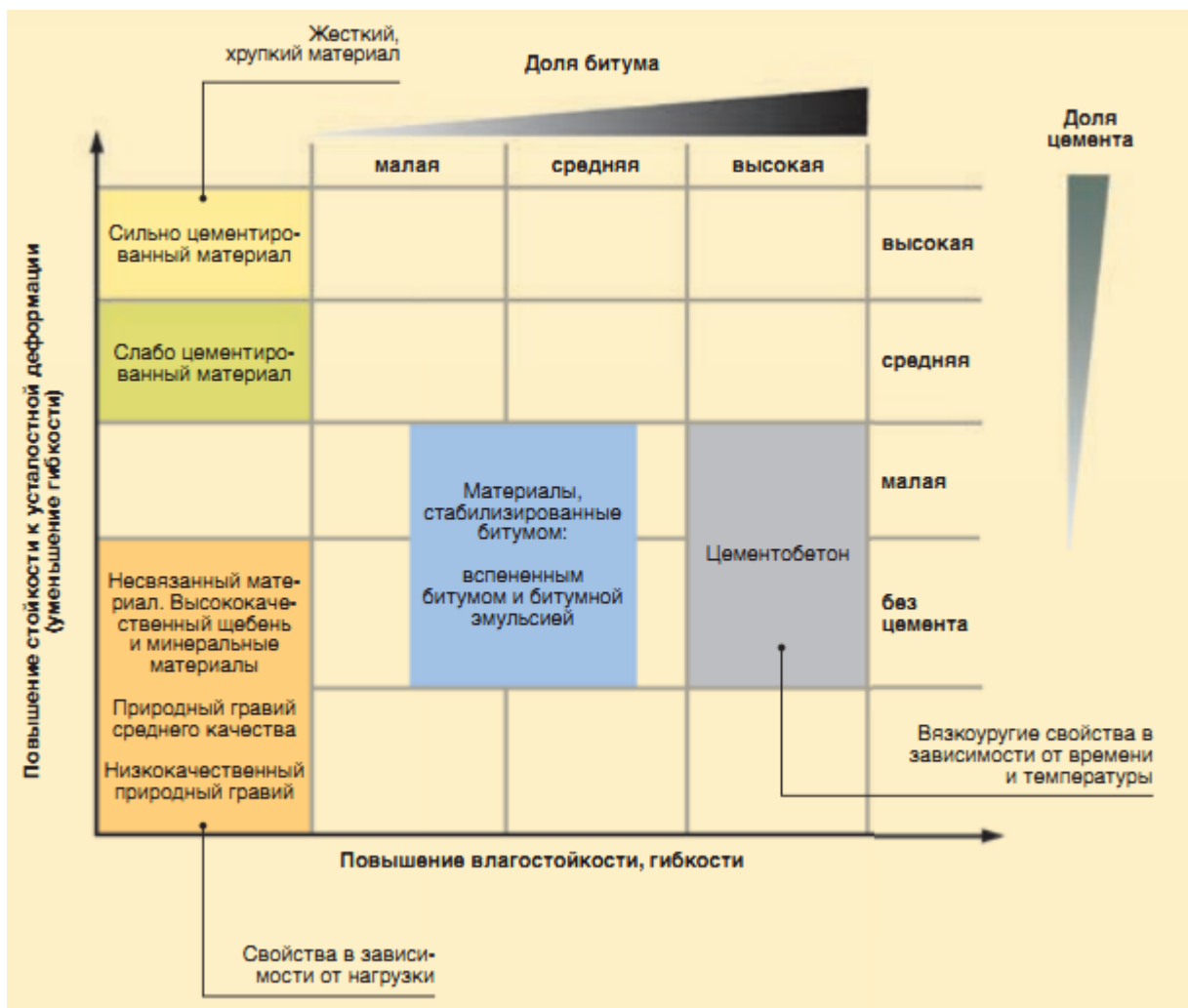


Схема 2.

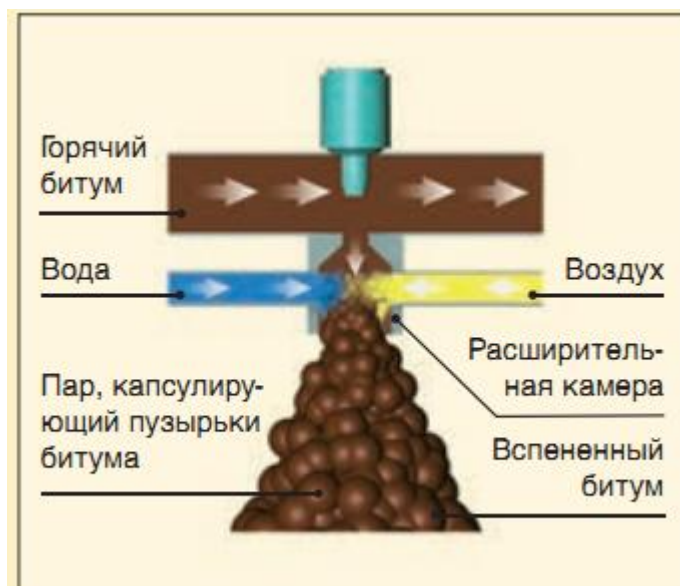


Схема 3.

Преимущества холодного ресайклинга перед другими способами реконструкции дорожной одежды следующие

1. Отсутствие загрязнения окружающей среды благодаря полному использованию материала старой дорожной одежды. Объём новых привозных материалов минимален, что снижает загрязнение местности, неизбежное при открытии новых карьеров и каменоломен. Перевозки очень невелики, что также уменьшает загрязнение окружающей среды и снижает разрушительное воздействие транспортных средств на дорожную сеть;

2. Высокое качество ресайклированного слоя в силу последовательного эффективного смешивания полученных на месте материалов с водой и стабилизаторами;

3. Структурная целостность дорожной одежды. Холодный ресайклинг позволяет получить связанные слои большой толщины и не требуются жидкие вяжущие между тонкими слоями дорожной одежды. Кроме того, слои большой толщины более морозостойки;

4. Сохранение целостности грунта, т.к. ресайклинг проводят за один проход на машинах на гусеничном ходу или пневмошинах, оказывающих малое давление на грунт и, следовательно, мало деформируют его;

5. Уменьшение продолжительности работ по сравнению с традиционными методами восстановления дорожной одежды;

6. Стоимость / эффективность. Перечисленные преимущества делают холодный ресайклинг наиболее привлекательной технологией для восстановления дорожных одежд.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

К строителям дорог предъявляют требования: строить быстро, дёшево и хорошо. Это значит:

- во-первых, выполнять работы если не досрочно, то не позже установленных сроков во избежание перерасхода топлива на транспортные средства из-за отсутствия дороги;

- во-вторых, желательно, чтобы строительство было проведено с наибольшим снижением сметной стоимости и, во всяком случае, без превышения её, так как перерасход неизбежно вызывает сокращение финансирования на другие дорожные работы и снижает объём нового дорожного строительства;

- в третьих, работы должны быть выполнены с точным соблюдением проекта, технических правил и норм, инструкций и стандартов. Всякое отступление от соблюдения требований этих документов неизбежно приводит к сокращению сроком службы сооружений, а, иногда, и к катастрофическому разрушению сооружений и закрытию дороги для движения из-за

необходимости её ремонта или перестройки, что опять приводит к перерасходам денежных и материальных средств на дорожное строительство.

Для обеспечения вышеперечисленных требований существует система качества, состоящая из следующих основных элементов:

- ☐ правовое обеспечение;
- ☐ планирование и управление;
- ☐ лицензия на инвестиционную деятельность;
- ☐ лицензия на виды деятельности;
- ☐ техническое свидетельство;
- ☐ подрядные торги;
- ☐ подготовка кадров;
- ☐ научно-техническое обеспечение;
- ☐ нормативно-техническое обеспечение;
- ☐ система качества организации;
- ☐ сертификация и аккредитация;
- ☐ контроль и оценка качества;
- ☐ лабораторное, геодезическое и метрологическое обеспечение;
- ☐ информационное обеспечение.

▲ Правовое обеспечение в системе качества в строительстве представляет собой совокупность юридических служб, правовых актов, положений, процедур и методов регулирования законодательства, направленных на установление прав, обязанностей и ответственности за качество продукции, работ и услуг в строительстве.

▲ Планирование и управление в системе качества в строительстве представляют собой деятельность организационных структур и специалистов, направленную на установление целей и требований к качеству продукции, работ и услуг в строительстве и осуществление действий оперативного характера для выполнения этих требований.

▲ Лицензия на инвестиционную деятельность представляет собой разрешение на производство работ по строительству, перестройке или сносу сооружения, изменению населённости, изменению назначения сооружения.

▲ Лицензия на виды деятельности – это разрешение на занятие определёнными видами деятельности в области строительного-монтажных и проектно-изыскательских работ.

▲ Техническое свидетельство – это подтверждение пригодности впервые производимых или импортируемых материалов, изделий и конструкций (далее – новая продукция) для применения при проектировании и строительстве (реконструкции, ремонте) зданий и сооружений. Основной целью процедуры выдачи технического свидетельства является защита отечественного

строительного рынка от необоснованного применения новой продукции, не отвечающей условиям строительства эксплуатации зданий и сооружений (дороги) на территории РБ.

▲ Подрядные торги в системе качества в строительстве представляет собой деятельность инвесторов (заказчиков) по размещению заказов на проектирование, строительство, реконструкцию или ремонт строительного объекта на основе конкурса. Основной целью процедуры проведения подрядных торгов является повышение эффективности капитальных вложений и качества продукции, работ и услуг в строительстве за счёт привлечения на конкурсной основе профессиональных исполнителей.

▲ Обучение, подготовка и повышение квалификации рабочих, специалистов и руководителей управления качеством и обеспечению качества. Это постоянный процесс.

▲ Научно-техническое обеспечение качества в строительстве – это целенаправленное использование достижений науки и техники, направленное на повышение качества и конкурентоспособности продукции, работ и услуг. Основными задачами научно-технического обеспечения является создание ресурсосберегающих, экологически чистых прогрессивных технологий и конструктивных решений, методов расчёта, новых материалов, изделий и конструкций.

▲ Нормативно-техническое обеспечение в системе качества – это деятельность, направленная на создание требований к продукции, работам и услугам, а также создание и постоянное совершенствование национального комплекса нормативно-технических документов.

▲ Система качества организации строительного комплекса представляет собой совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством. Основной задачей системы качества организации являются выработка и реализация политики в области качества, которая направлена на производство продукции, работ и услуг, удовлетворяющих требованиям законодательства, потребителя, проектной и нормативно-технической документации и конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Система качества организации создаётся с учётом конкретных задач, видов деятельности, условий работы и структуры организации. Она, как правило, должна содержать в документированном виде и поддерживать в рабочем состоянии элементы, соответствующие СТБ ИСО 9001. Общее руководство системой качества организации осуществляет её руководитель.

▲ Сертификация в системе качества в строительстве – это деятельность третьей стороны, направленная на подтверждение того, что обеспечивается

соответствие продукции, работ и услуг в строительстве или системы качества организации строительного комплекса требованиям нормативно-технической документации. Аккредитация в системе качества – это официальное признание технической компетентности, независимости и объективности испытательной лаборатории, центра или органа, дающее им право осуществлять конкретные испытания строительных материалов и изделий, или проводить работу по сертификации продукции, работ и услуг, или систем качества организации. Основной задачей сертификации и аккредитации являются содействия:

- ◆ выпуску, импорту и реализации в РБ безопасной продукции в строительстве;
- ◆ обеспечению её надлежащего качества;
- ◆ повышению конкурентоспособности продукции, работ и услуг в строительстве на внутреннем и внешнем рынках.

Руководство сертификацией и аккредитацией в строительстве осуществляет орган государственного управления строительством.

▲ Контроль, надзор и проверка качества в системе качества представляет собой деятельность по проведению измерений, экспертизы, испытаний и оценке качества продукции, работ и услуг на соответствие требованиям нормативно-технической и проектной документации, осуществляемую исполнителями. Основной задачей контроля качества является своевременное выявление несоответствие качества продукции, работ и услуг требованиям нормативно-технической и проектной документации, предупреждение появления дефектов и причин, их вызвавших. Организация, осуществляющая свою деятельность, должна разработать, документально оформить и поддерживать в рабочем состоянии методики и процедуры контроля и проведения испытаний.

▲ Контроль качества продукции, работ и услуг подразделяется на:

- ◆ государственный надзор;
 - ◆ технический надзор заказчика;
 - ◆ инспекционный контроль;
 - ◆ производственный контроль.
- Государственный надзор осуществляется органами государственного надзора.
 - Технический надзор заказчика осуществляется службой заказчика или, по его поручению другими организациями (независимым технадзором).
 - Инспекционный контроль осуществляется как внутри организации, так и третьими лицами – аккредитованными органами по сертификации, выдавшими организации сертификатом на продукцию, работы и услуги.

▪ Производственный контроль – это входной, операционный и приёмочный контроль качества.

▲ Лабораторное, геодезическое и метрологическое обеспечение в системе качества представляет собой совокупность организационных структур, методик, испытательного оборудования, измерительных приборов и средств, необходимых для проведения испытаний и измерений.

Основными задачами лабораторного обеспечения являются:

- ◆ создание сети испытательных лабораторий и центров;
- ◆ обеспечение достоверности результатов испытаний и измерений;
- ◆ сбор, хранение, обработка и выдача информации о качестве продукции, работ и услуг.

Основной задачей геодезического обеспечения является создание измерительной базы и методов осуществления геодезических разбивочных работ и контроля точности измерений. Осуществляется службами строительно-монтажных и проектно-изыскательских организаций.

Основной задачей метрологического обеспечения является обеспечение единства измерений заданной точности по методикам испытаний, согласованным с аналогичными методиками межгосударственных организаций по стандартизации, а также своевременная проверка и метрологическая аттестация средств измерения.

▲ Информационное обеспечение представляет собой деятельность, направленную на обеспечение всех участников инвестиционного процесса достоверной информацией.

ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Часть 1.

1. Определение продолжительности простоев по метеорологическим условиям и построение графика климатических характеристик.
2. Расчет объемов подготовительных работ и ресурсов для их выполнения.
3. Определение объемов линейно-протяженных сооружений и работ по рекультивации карьеров.
4. Составление ведомости объемов земляных работ с разработкой графика распределения земляных масс.
5. Расчет ресурсов для бульдозерных и скреперных работ при возведении земляного полотна.
6. Работы, выполняемые экскаватором, расчет ведущих машин и ресурсов при возведении земляного полотна.
7. Работы, выполняемые автогрейдером, расчет ведущих машин и ресурсов при возведении земляного полотна.
8. Построение линейного календарного графика возведения земляного полотна.

Часть 2.

1. Расчет объемов работ и потребности в материалах для строительства дорожной одежды.
2. Определение границ использования карьеров и местных материалов и расположение баз обслуживания.
3. Обоснование месторасположения производственного предприятия.
4. Расчет скорости потока и потребности в материалах для ее обеспечения.
5. Расчет транспортной работы.
6. Разработка технологической карты по устройству конструктивных слоев дорожной одежды.
7. Расчет количества машин, необходимых для перевозки дорожно-строительных материалов, и комплектование звеньев.
8. Построение линейного календарного графика организации строительства.

При выполнении практических работ по дисциплине «Строительство автомобильных дорог» (Часть 1) студентам рекомендовано руководствоваться учебным пособием **Бабаскин Ю.Г. Строительство автомобильных дорог: расчеты земляного полотна: учебное пособие / Ю. Г. Бабаскин. – Минск: Вышэйшая школа, 2021. – 336 с.**

Данное пособие содержит основные разделы технологии строительства земляного полотна. В нем представлены расчеты по определению геометрических параметров конструкции земляного полотна; числа смен полезной работы и количества рабочих смен, необходимых для выполнения земляных работ ведущими землеройно-транспортными машинами; объемов земляных масс линейно-протяженных сооружений; объемов подготовительных

работ и ресурсов для их выполнения; ресурсов при строительстве водопропускных железобетонных труб; объемов и ресурсов работ при выторфовывании, планировке и срезке недобора, устройстве присыпной обочины; границ использования карьеров и их рекультивации, а также по разработке календарного плана строительства.

В пособии приведены расчеты всех разделов на примере.

При выполнении практических работ по дисциплине «Строительство автомобильных дорог» (часть 2) студентам рекомендовано руководствоваться учебным пособием **Реут, Ж. В. Строительство дорожной одежды капитального типа : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / Ж. В. Реут, Е. П. Ходан ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Автомобильные дороги». – Минск : БНТУ, 2020. – 85 с. (<https://rep.bntu.by/handle/data/83502>)**

Данное пособие содержит основные разделы технологии строительства дорожной одежды капитального типа. В нем рассмотрены следующие вопросы: определение объемов работ и потребности в материалах на устройство дорожной одежды, оценка пригодности местных материалов, определение скорости потока, определение границ использования карьеров и средней дальности возки материалов, комплектование звеньев машин и расчет необходимого количества автотранспорта; разработка технологических карт производства работ по строительству конструктивных слоев дорожной одежды и линейного календарного графика с эпюрой потребности автотранспорта, контроль качества строительства.

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Номер лабораторной работы	Тема лабораторной работы	Количество часов
1	Обоснование пригодности грунта для укрепления вяжущими материалами	2
2	Обоснование конструкции дорожной одежды со слоями из укрепленных грунтов	2
3	Определение количества цемента для укрепления грунта и статистическая обработка результатов лабораторных испытаний	2
4	Разработка программы по укреплению грунта минеральным вяжущим	2
5	Обоснование комплексного метода укрепления грунта	2
6	Улучшение свойств гравийных и гравийно-песчаных смесей	2
7	Оценка качества уплотнения земляных сооружений	2
8	Пробное уплотнение грунтов катками	2

При подготовке к лабораторным работам, а также при их выполнении студентам следует руководствоваться практикумом, который находится по ссылке <https://rep.bntu.by/handle/data/3761> (Бабаскин, Ю. Г. Технология строительства дорог. Практикум : учебное пособие для вузов по специальности "Экономика и организация производства (автодорожное хозяйство)" / Ю. Г. Бабаскин, И. И. Леонович ; Белорусский национальный технический университет. - Минск : БНТУ, 2010. - 362 с.: ил., табл.), а также действующими техническими нормативными правовыми актами.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА НА ТЕМУ «ВОЗВЕДЕНИЕ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА»

В соответствии с учебным планом на выполнение курсового проекта отводится всего 60 часов, в том числе 16 аудиторных часов на практические занятия.

Главная цель курсового проекта заключается в обобщении и закреплении знаний, полученных студентами при изучении дисциплины, развитии навыков самостоятельной и творческой работы у студентов.

Курсовое проектирование по дисциплине «Строительство автомобильных дорог» позволяет приобрести навыки производства обоснованных технико-экономических расчетов, а также научить пользоваться справочной литературой, техническими нормативными правовыми актами и вспомогательными документами, действующими в дорожном хозяйстве.

Проект выполняется после проработки лекционного материала и литературы, приведенной в издании.

В его состав входит расчетно-пояснительная записка с технологическими схемами и графическим материалом, который допускается выполнять на миллиметровой бумаге. Единицы измерения должны приводиться в системе СИ.

Курсовой проект защищается студентом на комиссии, назначаемой кафедрой.

Примерный состав курсового проекта

Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, которые подлежат разработке:

Содержание курсового проекта с нумерацией страниц.

Введение (цель, задачи, пути решения).

- 1. Климатическая и транспортно-экономическая характеристика района строительства.
Общие сведения о районе строительства.
Климатическая характеристика района.
Характеристика продольного профиля.
Характеристика грунтов по трассе.
Расчет продолжительности сезона*
- 2. Подготовительные работы.
Определение объемов работ по расчистке дорожной полосы.
Расчет ресурсов и комплектование специализированных звеньев и бригад.
Технология производства работ по расчистке дорожной полосы.*
- 3. Строительство железобетонных труб.*

Определение объемов работ по строительству железобетонных труб.

Комплектование специализированных отрядов и расчет ресурсов по строительству железобетонных труб, оголовков и укреплению русел.

Технология и организация работ по строительству железобетонных труб. Акт на скрытые работы.

4. Возведение земляного полотна.

Предварительный выбор ведущих машин для возведения земляного полотна на характерных участках.

Разработка графика распределения земляных масс.

Определение объемов работ грунта и расчет сосредоточенных резервов.

Определение объемов работ по рекультивации временной полосы отвода и резервов.

Расчет ресурсов по возведению земляного полотна, срезки недобора устройства и присыпных обочин.

Возведение земляного полотна на болоте.

Выбор режимов уплотнения, пробное уплотнение и контроль качества при производстве и приемке земляных работ.

Планирование поверхности и откосов земляного полотна.

Укрепительные работы по возведению земляного полотна.

Расчеты к построению линейного календарного графика производства работ.

5. Техника безопасности, охрана труда и окружающей среды при производстве земляных работ.

Заключение.

Литература.

Примерный перечень графического материала:

- 1. График климатических характеристик А4.*
- 2. Технологические схемы снятия растительного грунта А4.*
- 3. Технологическая схема строительства железобетонной трубы А4.*
- 4. График распределения земляных масс 4хА4.*
- 5. Технологические схемы производства работ на характерных участках пхА4.*
- 6. Технологическая схема уплотнения грунтов А4.*
- 7. Линейный календарный график производства работ А3.*

При выполнении курсового проекта студентам рекомендовано воспользоваться действующими техническими нормативными правовыми актами и следующими методическими указаниями:

1. Учебно-методическим пособием для выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Строительство автомобильных дорог», в котором рассмотрены следующие вопросы: общая характеристика условий района строительства; подготовительные работы; строительство железобетонных труб; возведение земляного полотна в насыпях, выемках, на болоте; расчет потребности ресурсов и комплектование отрядов; уплотнение грунта земляного полотна и контроль качества уплотнения; отделочные и укрепительные работы; контроль качества земляных работ и правила их приемки; охрана труда и природы; разработка линейного календарного графика организации работ. Приводится список литературы, необходимой для выполнения курсового проекта. В приложении даны основные справочные данные и примеры выполнения основных расчетно-графических материалов. Данное пособие можно найти по ссылке: <https://rep.bntu.by/handle/data/8001> (Возведение земляного полотна автомобильной дороги: методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Строительство автомобильных дорог" для студентов специальности 1-70 03 01 "Автомобильные дороги", специализации 1-70 03 01 01 "Строительство дорог и аэродромов" / сост.: И. Н. Вербило [и др.]. - Минск : БНТУ, 2014. - 48 с.)
2. Бабаскин Ю.Г. Строительство автомобильных дорог: расчеты земляного полотна: учебное пособие / Ю. Г. Бабаскин. – Минск: Вышэйшая школа, 2021. – 336 с.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА НА ТЕМУ «СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ КАПИТАЛЬНОГО ТИПА»

Примерный состав курсового проекта.

В данном курсовом проекте студенты должны научиться строить дорожную одежду, рационально распределять строительные материалы в условиях данных нам по заданию. Минимизировать затраты на транспортные средства и перевозки. Познакомиться с технологиями устройства всех слоев основания.

Цель курсового проекта ознакомиться как происходит строительство дорожной одежды капитального типа в реальных условиях, научиться считать объемы и понять технологию и организацию строительного производства.

Примерный состав курсового проекта на тему «Строительство дорожной одежды капитального типа» приведен ниже.

Введение

1 Исходные данные и сведения о материалах

1.1 Исходные данные для проектирования. 1.2 Климатическая характеристика района строительства. 1.3 Сведения о месторождениях материалов.

2 Расчетная часть проекта

2.1 Подсчет объемов работ и потребности в материалах. 2.2 Оценка пригодности местных дорожно-строительных материалов. 2.3 Определение границ использования карьеров местных материалов и расположения баз снабжения. 2.4 Определение средней дальности возки материалов и выбор места расположения производственного предприятия. 2.5 Расчет скорости потока. 2.6 Разработка технологических карт производства работ по устройству конструктивных слоев дорожной одежды. 2.7 Организация работы автомобильного транспорта. 2.8 Разработка линейного календарного графика с эпюрой потребности автотранспорта.

3 Контроль качества устройства конструктивных слоев дорожной одежды

3.1 Общие положения. 3.2 Обеспечение качества при устройстве конструктивных слоев дорожной одежды. 3.3 Приемка выполненных работ

Заключение

Литература

При выполнении курсового проекта целесообразно воспользоваться учебно-методическим пособием для выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Строительство автомобильных дорог», где рассмотрены состав и порядок разработки основных разделов курсового проекта, приведены методики расчета отдельных наиболее сложных разделов, также основы календарного планирования, а в приложении приведены необходимые

справочные данные. Данное пособие можно найти по ссылке: <https://rep.bntu.by/handle/data/83502> (Реут, Ж. В. Строительство дорожной одежды капитального типа : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / Ж. В. Реут, Е. П. Ходан ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Автомобильные дороги». – Минск : БНТУ, 2020. – 85 с.).

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1.

Определить потребность в материалах на устройство двухслойного основания дорожной одежды толщиной 33 см из щебня фракции 40-80 мм с расклиновкой щебнем фракции 5-20 мм и песком из отсева дробления при объеме работ по устройству верхнего слоя двухслойного основания – 256125 м², нижнего – 247344 м².

Решение. Расчеты выполнены на основании рекомендаций, приведенных по ссылке <https://rep.bntu.by/handle/data/83502>.

Потребность в материалах определяем, используя нормативы расхода ресурсов в натуральном выражении на ремонт объектов «Сборник 70. Автомобильные дороги и искусственные сооружения (НРР 70-2017)». В таблице сборника 70-77 и таблице 4 сборника (для случаев, когда в нормах указаны расходы по проектным данным) приведены следующие материалы и их нормы расхода.

Нормы расхода материалов на единицу объема работ (по НРР 70-2017)

Материалы	Верхний слой толщиной 15 см (E70-77-1)	Нижний слой толщиной 15 см (E70-77-2)	При изменении толщин на 1 см (E70-77-3)
Вода, м ³	35	35	-
Щебень из природного камня для строительных работ фракции 40-80 мм, м ³	189	189	12,6
Щебень из природного камня для строительных работ фракции 5-20 мм, м ³	13	13	0,87
Песок из отсева дробления, м ³	17	17	1,13

Единица измерения по НРР – 1000 м².

Рассчитаем норму расхода на верхний слой толщиной 16 см:

щебень(40-80 мм)	$189+1*12,6= 201,6 \text{ м}^3$;
щебень(5-20 мм)	$13+1*0,87=13,87 \text{ м}^3$;
отсев дробления	$17+1*1,13=18,13 \text{ м}^3$.

Рассчитаем норму расхода на нижний слой толщиной 17 см:

щебень(40-80 мм)	$189+2*12,6=214,2 \text{ м}^3$;
щебень(5-20 мм)	$13+2*0,87= 14,74 \text{ м}^3$;
отсев дробления	$17+2*1,13=19,26 \text{ м}^3$.

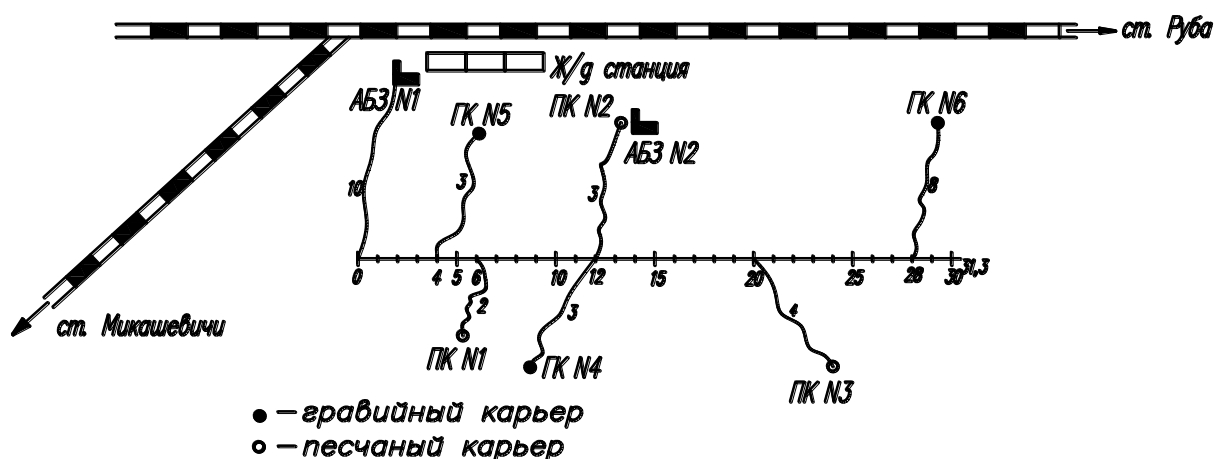
Тогда расход материалов на устройство верхнего слоя определяем как произведение нормы расхода материала на единицу измерения на объем строительных работ:

Расчет потребности в материалах на устройство слоя дорожной одежды

	Щебень (40-80 мм), м ³	Щебень (5-20 мм), м ³	Отсев дробления, м ³
Верхний слой	$256125*201,6/1000=$ $=51634,8$	$256125*13,87/1000$ $=$ $=3552,45$	$256125*18,13/1000$ $=$ $=4643,55$
Нижний слой	$247344*214,2/1000=529$ 81	$247344*14,74/1000$ $=$ $=3645,85$	$247344*19,26/1000$ $=$ $=4763,85$
Всего материалов на устройство двухслойного основания	104615,8	7198,3	9407,4

Задача 2.

Определить транспортную работу и среднюю дальность возки гравийного материала из гравийных карьеров №4, 5 и 6 (см. рис.) для устройства слоя основания на автомобильной дороге протяженностью 31,3 км. Границы действия гравийных карьеров: карьер №4 – км 0 – км 7,2; карьер №5 – км 7,2 – км 22,5; карьер №6 – км 22,5 – км 31,3. Объем гравийного материала на устройство слоя основания дорожной одежды составляет 76896 м³. Насыпная плотность для карьера №5 1550 кг/м³; для карьеров №4 и 6 – 1560 кг/м³.



Рисунок

Решение. Расчеты выполнены на основании рекомендаций, приведенных по ссылке <https://rep.bntu.by/handle/data/83502>.

Определяем потребность гравийного материала на устройство слоя основания для каждого карьера в пределах границ их действия.

$$\text{Карьер №5: } 7,2 \text{ км} \cdot 76896 \text{ м}^3 / 31,3 \text{ км} = 17688,54 \text{ м}^3.$$

$$\text{Карьер №4: } (22,5 - 7,2) \text{ км} \cdot 76896 \text{ м}^3 / 31,3 \text{ км} = 37588,14 \text{ м}^3.$$

$$\text{Карьер №6: } (31,3 - 22,5) \text{ км} \cdot 76896 \text{ м}^3 / 31,3 \text{ км} = 21619,32 \text{ м}^3.$$

При транспортировке гравийного материала учитывают его массу. Поэтому найдем потребность в гравийном материале в тоннах:

$$17688,54 \text{ м}^3 \cdot 1550 \text{ кг/м}^3 = 27417237 \text{ кг} = 27417,237 \text{ т (для карьера №5);}$$

$$37588,14 \text{ м}^3 \cdot 1560 \text{ кг/м}^3 = 58637498 \text{ кг} = 58637,498 \text{ т (для карьера №4);}$$

$$21619,32 \text{ м}^3 \cdot 1560 \text{ кг/м}^3 = 33726139 \text{ кг} = 33726,139 \text{ т (для карьера №6).}$$

Определяем дальность возки гравийного материала в пределах границ действия карьеров.

Карьер №5. В соответствии с рис. подъезд от гравийного карьера №5 выходит на 4 км строящейся трассы, следовательно, вывоз гравийного материала будет осуществляться влево от места выхода на расстояние равное 4 км и вправо на расстояние $7,2 \text{ км} - 4 \text{ км} = 3,2 \text{ км}$. Определим среднюю дальность возки влево и право от места выхода на трассу карьера №5 соответственно: $3 \text{ км} + 4 \text{ км} / 2 = 3,5 \text{ км}$; $3 \text{ км} + 3,2 \text{ км} / 2 = 3,1 \text{ км}$.

Аналогичным образом выполняем расчеты для карьеров №4 и №6.

Для карьера №4 вправо от места выхода на строящуюся дорогу средняя дальность возки составляет 8,25 км, влево – 5,4 км, а для карьера №6 составляет вправо – 9,65 км, влево – 10,75 км.

Далее находим момент (или транспортную работу) в т*км.

Для карьера №5:

влево от места выхода: $(27417,237 \text{ т} * 4 \text{ км}) / 7,2 \text{ км} * 3,5 \text{ км} = 76158,99 \text{ т*км}$;

вправо от места выхода: $(27417,237 \text{ т} * 3,2 \text{ км}) / 7,2 \text{ км} * 3,1 \text{ км} = 60927,19 \text{ т*км}$.

Для карьера №4 (место выхода подъезда – 12 км):

влево от места выхода: $((58637,498 \text{ т} * (12 \text{ км} - 7,2 \text{ км})) / (22,5 \text{ км} - 7,2 \text{ км})) * 5,4 \text{ км} = 99338,82 \text{ т*км}$;

вправо от места выхода: $((58637,498 \text{ т} * (22,5 \text{ км} - 12 \text{ км})) / (22,5 \text{ км} - 7,2 \text{ км})) * 8,25 \text{ км} = 331991,72 \text{ т*км}$.

Для карьера №6 (место выхода подъезда – 28 км):

влево от места выхода: $((33726,139 \text{ т} * (28 \text{ км} - 22,5 \text{ км})) / (31,3 \text{ км} - 22,5 \text{ км})) * 10,75 \text{ км} = 226597,49 \text{ т*км}$;

вправо от места выхода: $((33726,139 \text{ т} * (31,3 \text{ км} - 28 \text{ км})) / (31,3 \text{ км} - 22,5 \text{ км})) * 9,65 \text{ км} = 122046,46 \text{ т*км}$.

Находим суммарную транспортную работу для строящейся дороги протяженностью 31,3 км:

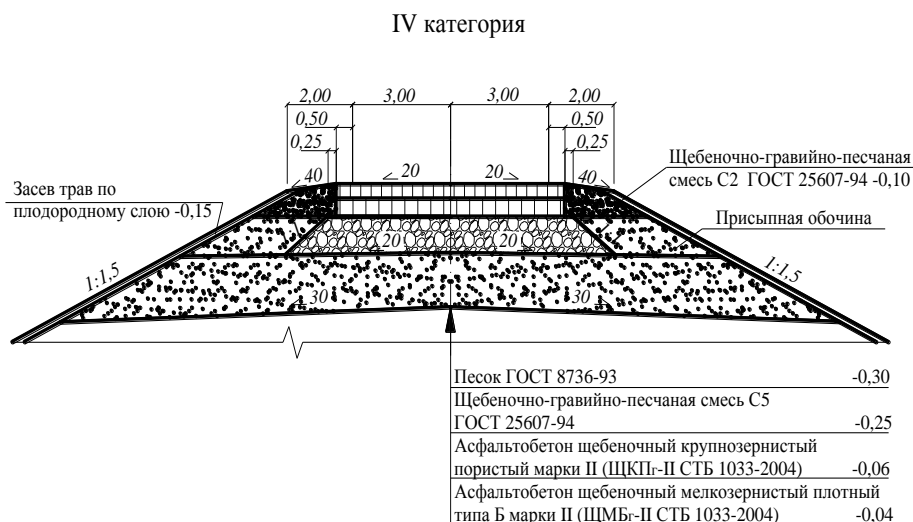
$76158,99 \text{ т*км} + 60927,19 \text{ т*км} + 99338,82 \text{ т*км} + 331991,72 \text{ т*км} + 226597,49 \text{ т*км} + 122046,46 \text{ т*км} = 917060,67 \text{ т*км}$

Среднюю дальность возки гравийного материала для строящейся дороги определяем путем деления суммарной транспортной работы на суммарную потребность в гравийном материале:

$917060,67 \text{ т*км} / (27417,237 \text{ т} + 58637,498 \text{ т} + 33726,139 \text{ т}) = 7,65 \text{ км}$

Задача 3.

Рассчитать длину сменной захватки (скорость потока) на устройство слоя основания из щебеночно-гравийно-песчаной смеси .



Конструкция дорожной одежды

Определяем производительность ведущей машины (автогрейдера ДЗ-122) по устройству слоя основания из ЩГПС толщиной 25 см. Затраты машинного времени в маш.-ч принимаем из норм затрат труда на дорожно-строительные работы (введен в действие 24 февраля 2020 года, разработчик: управление разработки экономических нормативов и нормирования труда РУП «Белорусский дорожный инженерно-технический центр») таблица 2.1 (Нормы затрат труда на 100 м² дорожного основания или покрытия (для одного слоя). §2.1 Разравнивание гравийно-песчаных и щебеночных материалов при устройстве дорожных оснований и покрытий).

$N_{вр}=0,13$ маш-час; $E_{изм}=100$ м². Продолжительность смены $t=8$ час.

Тогда $P_{вед маш} = 100$ м²/0,13 маш-час * 8 час = 6153,85 м² в смену.

В соответствии с пунктом 2.5.3 учебно-методического пособия (<https://rep.bntu.by/handle/data/83502>) длина сменной захватки равна отношению сменной производительности на ширину укладываемого слоя.

Следует отметить, что толщина слоя при уплотнении зависит от применяемой техники и вида материала и его группы по уплотняемости. В НЗТ (указания по применению норм) регламентировано: нормами предусмотрено разравнивание материалов в один слой при россыпи щебня, гравия и гравийно-песчаной смеси слоями не свыше 18 см (в естественном состоянии).

На основании вышесказанного делаем вывод, что можем устраивать слой из ЩГПС в один слой.

Ширина укладываемого слоя составит (см. рис.) $b=(b_1+b_2)/2$;
 где b_1 – верхнее основание трапеции (слой в поперечном сечении), м;
 b_2 – нижнее основание трапеции, м.

$$b_1 = 3*2+0,5*2+0,25*2=7,5 \text{ м};$$

$$b_2 = 3*2+0,5*2+0,25*2+0,25*2=8\text{м};$$

$$b=7,5+8= 7,75 \text{ м}.$$

Максимальная толщина уплотняемого слоя

Вид материала и группа по уплотняемости	Максимальная толщина уплотняемого слоя, см, при применении катков			
	с гладкими вальцами массой 12 т и более	на пневматических шинах массой 15 т и более	вибрационных и комбинированных массой, т	
			до 12	15 и более
Первая группа Трудноуплотняемый щебень (из изверженных и метаморфических пород марки по прочности 1000 и более), гравий по прочности 600 и более, шлаки остеклованной структуры	18	24	18	27
Вторая группа Легкоуплотняемый щебень из изверженных и метаморфических пород (марки по прочности менее 1000), щебень из осадочных пород, гравий по прочности менее 600, шлаки с пористой структурой	22	30	22	30
Примечание – Толщину уплотняемых слоев для 13–14-тонных вибрационных и комбинированных катков принимают по интерполяции.				

Тогда длина сменной захватки на устройство слоя основания из ЩГПС автогрейдером ДЗ-122 составит

$$L_{\text{см}}=6153,85 \text{ м}^2 \text{ в смену} / 7,75 \text{ м}=794 \text{ метра в смену}.$$

Задача 4.

Составить калькуляцию затрат труда на устройство основания дорожной одежды толщиной 15 см из доломитового щебня фракции 40-80 мм с расклиновкой песком.

Решение. Калькуляция затрат труда приведена в таблице .

Калькуляция затрат труда на устройство основания дорожной одежды толщиной 15 см из доломитового щебня фракции 40-80 мм с расклиновкой песком (единица измерения 1000 м²)

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем	Норма времени на единицу измерения чел.-ч (маш.-ч)	Состав звена			Затраты труда на объем чел.-ч (маш.-ч)
					профессия	разряд	количество	
НЗТ 17-10	Разравнивание щебня бульдозером	100 м ²	10	$\frac{0,21}{(0,21)}$	Машинист бульдозера	6	1	$\frac{2,1}{(2,1)}$
НЗТ 17-8 К=1,15	Разравнивание и планировка слоя основания автогрейдером	100 м ²	10	$\frac{0,21}{(0,21)}$	Машинист автогрейдера	6	1	$\frac{2,1}{(2,1)}$
НЗТ 17-21	Укатка слоя основания виброкатком (10-12 т за 8 проходов)	100 м ²	10	$\frac{0,22}{(0,22)}$	Машинист катка самоходного	6	1	$\frac{2,2}{(2,2)}$
Технический отчет	Распределение песка щебнераспределителем	1000 м ²	1	$\frac{2,64}{(0,88)}$	Машинист; помощник машиниста; водитель	4 3 1	1 1 1	$\frac{2,64}{(0,88)}$
НЗТ 17-49 К=1,15	Профилирование слоя основания автогрейдером	100 м ²	10	$\frac{0,09}{(0,09)}$	Машинист автогрейдера	6	1	$\frac{0,9}{(0,9)}$

Обоснование	Наименование работ	Единица измерения	Объем	Нормы времени на единицу измерения чел.-ч (маш.-ч)	Состав звена			Затраты труда на объем чел.-ч (маш.-ч)
					профессия	разряд	количество	
НЗТ 17-11	Поливка основания водой поливомоечной машиной	100 м ²	10	<u>0,16</u> (0,16)	Водитель		1	<u>1,6</u> (1,6)
НЗТ 17-21	Укатка слоя основания виброкатком (10-12 т за 8 проходов)	100 м ²	10	<u>0,22</u> (0,22)	Машинист катка самоходного	6	1	<u>2,2</u> (2,2)
НЗТ 17-21	Укатка слоя основания пневмокатком (более 15 т за 10 проходов)	100 м ²	10	<u>0,3</u> (0,3)	Машинист катка самоходного	6	1	<u>3,0</u> (3,0)
Итого								<u>23,0</u> <u>4</u> (14,98)

В том числе: - затраты труда рабочих-строителей, чел.-ч	6,3
- затраты труда машинистов, чел.-ч	14,98
- машины и механизмы, маш.-ч:	
- автогрейдер	3,0
- бульдозер	2,1
- каток самоходный вибрационный гладковальцевый	4,4
- каток самоходный на пневмоколесном ходу	3,0
- щебнераспределитель прицепной на базе автомобиля 10 т	0,88
- поливомоечная машина	1,6

КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

СТРОИТЕЛЬСТВО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

1. Земляное полотно автомобильной дороги. Общие сведения.
2. Типовые конструкции земляного полотна.
3. Требования к грунтам при строительстве земляного полотна.
4. Технология работ по сооружению земляного полотна.
5. Выбор средств механизации.
6. Восстановление и закрепление трассы.
7. Расчистка дорожной полосы.
8. Удаление растительного слоя.
9. Разбивочные работы при возведении земляного полотна.
10. Водно - тепловой режим земляного полотна.
11. Обеспечение поверхностного водоотвода.
12. Технология строительства водопропускных труб.
13. Строительство перехватывающих дренажей
14. Строительство понижающих дренажей
15. Строительство водонепроницаемых и капилляропрерывающих слоев.
16. Способы отсыпки насыпей и разработки выемок.
17. Возведение насыпей из грунта выемок или грунтовых карьеров.
18. Разработка выемок и отсыпка смежных насыпей бульдозером.
19. Возведение насыпей, разработка выемок и грунтовых карьеров скреперами.
20. Разработка выемок и грунтовых карьеров экскаватором.
21. Строительство насыпей из грунта боковых резервов.
22. Конструктивные особенности земляного полотна на косогоре и их влияние на способы проведения работ.
23. Возведение земляного полотна на косогоре.
24. Планировка поверхности земляного полотна и откосов.
25. Укрепление земляного полотна.
26. Основные понятия уплотнения грунтов.
27. Технология уплотнения грунтов.
28. Сооружение земляного полотна на болотах. Типы болот и конструктивно-технологические решения.
29. Возведение насыпей с полным или частичным выторфовыванием.
30. Выторфовывание взрывным способом.
31. Выторфовывание способом гидромеханизации.
32. Удаление болотных отложений путем их отжатия массой насыпи.
33. Возведение насыпей без выторфовывания.
34. Возведение земляного полотна с дренажными прорезями и вертикальными дренами в основании.
35. Использование торфа для строительства насыпей на болотах.
36. Специальные вопросы, связанные со строительством земляного полотна на заболоченных территориях.
37. Технология укладки прослоек из нетканых синтетических материалов.

38. Использование переувлажненных грунтов для возведения земляного полотна.
39. Удаление лишней влаги из грунта просушиванием и путем добавки сухого грунта.
40. Осушение переувлажненного грунта активными добавками.
41. Осушение переувлажненного грунта консолидацией под нагрузкой.
42. Особенности зимних земляных работ.
43. Разработка выемок и сооружение насыпей зимой.
44. Перестройка земляного полотна при реконструкции.
45. Уширение земляного полотна при реконструкции.
46. Повышение земляного полотна при реконструкции дороги.
47. Контроль геометрических параметров земляного полотна.
48. Учет и приемка земляных работ и земляного полотна.
49. Особенности организации работ по возведению земляного полотна.
50. Определение объемов земляных работ, выбор машин и комплектование специализированных подразделений.
51. Технологические карты по строительству земляного полотна.

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД КАПИТАЛЬНОГО ТИПА

1. Дорожной одежды капитального типа. Общие сведения.
2. Подготовка земляного полотна.
3. Строительство оснований. Используемые материалы и общий порядок работ.
4. Основания из минеральных материалов не обработанных вяжущими.
5. Основания из минеральных материалов обработанных органическими вяжущими.
6. Основания из минеральных материалов обработанных неорганическими вяжущими.
7. Использование грунтов для устройства оснований.
8. Строительство оснований из грунтов укрепленных минеральными вяжущими.
9. Использование золы уноса при строительстве оснований.
10. Строительство оснований из грунтов укрепленных органическими вяжущими.
11. Комплексные способы укрепления грунтов при строительстве оснований.
12. Дополнительные слои основания. Назначение и виды.
13. Устройство подстилающего слоя основания.
14. Устройство теплоизолирующего слоя основания.
15. Строительство дренирующих слоев.
16. Осушение дренирующего слоя и верхней части земляного полотна.
17. Цементобетонные покрытия. Общие сведения.
18. Выбор материалов для цементобетонного покрытия.
19. Подбор состава бетонных смесей.
20. Приготовление бетонной смеси.
21. Транспортирование цементобетонной смеси.
22. Конструкции дорожных цементобетонных покрытий.
23. Деформационные швы.
24. Технология строительства покрытий из монолитного ненапряженного бетона.
25. Строительство монолитных армобетонных покрытий.
26. Строительство бетонных непрерывно армированных покрытий.
27. Устройство монолитного цементобетонного покрытия методом сращивания слоев.
28. Устройство монолитного цементобетонного покрытия с оголенным крупным заполнителем (технология мытый бетон).
29. Особенности строительства цементобетонных покрытий при пониженной температуре воздуха.
30. Уход за свежеложенным бетонным покрытием.
31. Нарезка и герметизация деформационных швов.
32. Строительство покрытий из укатываемых бетонов.
33. Строительство сборных бетонных покрытий.
34. Контроль качества строительства цементобетонных покрытий.
35. Развитие дорожно-строительной техники для устройства цементобетонных покрытий.

36. Асфальтобетонные дорожные покрытия. Общие сведения.
37. Работа асфальтобетонных покрытий.
38. Конструкции дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями
39. Выбор органических вяжущих для асфальтобетонных покрытий.
40. Выбор минеральных материалов для асфальтобетонных покрытий.
41. Классификация асфальтобетонных смесей.
42. Выбор асфальтобетонной смеси.
43. Улучшенные и специальные смеси для покрытий нежесткого типа.
44. Приготовление смеси и режимы формирования структуры асфальтобетонного покрытия.
45. Организация работ при устройстве асфальтобетонных покрытий.
46. Подготовительные работы при устройстве асфальтобетонных покрытий.
47. Укладка горячих и теплых асфальтобетонных смесей.
48. Уплотнение покрытий из горячих и теплых асфальтобетонных смесей.
49. Технология укладки асфальтобетонных слоев «горячее по горячему».
50. Особенности строительства покрытий из холодных асфальтобетонных смесей.
51. Особенности строительства покрытий из литых асфальтобетонных смесей.
52. Покрытия из пластбетонов.
53. Устройство дорожных покрытий с улучшенными светотехническими свойствами.
54. Особенности строительства асфальтобетонных покрытий при пониженной температуре воздуха.
55. Охрана труда при устройстве асфальтобетонных покрытий.
56. Технический контроль и приемка асфальтобетонных покрытий.
57. Методы и приборы используемые для контроля качества строительства и приемки асфальтобетонных покрытий.
58. Обустройство автомобильных дорог. Общие определения.
59. Обстановка пути.
60. Здания и сооружения дорожного и транспортного обслуживания.

СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ОБЛЕГЧЕННОГО, ПЕРЕХОДНОГО И НИЗШЕГО ТИПОВ

1. Автомобильные дороги низших категорий (VI-а, VI-б). Общие сведения.
2. Типы дорожных одежд на дорогах низших категорий.
3. Дорожные одежды низшего типа. Общие сведения.
4. Профилированные грунтовые дороги.
5. Покрытия из оптимальных грунтовых смесей.
6. Покрытия из грунтов, улучшенных скелетными добавками.
7. Контроль качества работ при строительстве дорожных одежд низшего типа.
8. Дорожные одежды переходного типа. Общие сведения.
9. Подготовка земляного полотна для дорожных одежд переходного типа.
10. Щебеночно (гравийно) – песчаные покрытия.
11. Покрытия из щебня прочных пород, устроенные по способу заклинки.
12. Мостовые. Общие сведения.
13. Булыжные мостовые.
14. Мостовые из брусчатки.
15. Мозаиковые мостовые.
16. Мостовые из клинкера.
17. Мостовые из бетонных плит малого размера.
18. Мостовые из асфальтобетонных плит малого размера.
19. Покрытия из грунтов, укрепленных вяжущими материалами. Общие сведения.
20. Классификация методов укрепления грунтов вяжущими.
21. Технология устройства покрытий из грунтов, укрепленных вяжущими.
22. Новые методы укрепления (стабилизации) грунтов с применением ресайклеров.
23. Дорожные одежды облегченного типа. Общие сведения.
24. Покрытия из щебня, обработанного органическим вяжущим по способу пропитки.
25. Покрытия из минеральных материалов, обработанных органическими вяжущими путем смешения на дороге.
26. Покрытия из щебня, обработанного органическими вяжущими в стационарной установке.
27. Покрытия из влажных органоминеральных смесей.
28. Покрытия из эмульсионно-минеральных смесей.
29. Покрытия из холодных регенерированных асфальтобетонных смесей.
30. Покрытия из плотных асфальтобетонных смесей, укладываемых в холодном состоянии.
31. Особенности реконструкции автомобильных дорог.
32. Уширение дорожной одежды при реконструкции
33. Усиление дорожной одежды.
34. Восстановление покрытия с применением ресайклеров (холодный ресайклинг).
35. Обустройство автомобильных дорог. Общие определения.

36. Обстановка пути.
37. Здания и сооружения дорожного и транспортного обслуживания.
38. Контроль качества дорожно-строительных работ.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

ТИПОВАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

Целью преподавания учебной дисциплины является: дать студентам профессиональные знания по технологиям строительства, реконструкции и ремонта земляного полотна и дорожных одежд всех существующих категорий автомобильных дорог, на основе применения современных материалов, передовых способов строительства и производительных машин и комплексов.

Для этого представлено полное содержание образования в строительстве автомобильных дорог, определено методическое и техническое обеспечение учебного процесса, организована самостоятельная работа студентов, определены формы текущего и итогового контроля приобретаемых умений и знаний.

Основные задачи учебной дисциплины – изучить:

- классификацию автомобильных дорог, в зависимости от категории, типа дорожной одежды, вида покрытия, применяемого материала и способа его укладки;
 - технологии подготовительных, земляных, отделочных и рекультивационных работ;
 - особенности операций технологических процессов, методологию расчета ресурсов и комплектования звеньев при сооружении земляного полотна и строительстве дорожных одежд;
 - номенклатуру применяемой техники и ее использование в технологическом процессе;
 - способы обустройства и реконструкции дороги, устройства защитных слоев на дорожных покрытиях;
 - области применения материалов и технологий при строительстве низших, переходных, облегченных и капитальных типов дорожных одежд;
 - методику технико-экономического обоснования выбора конструкции автомобильной дороги и применяемых способов строительства основание и покрытий;
 - требования к качеству строительства на всех этапах сооружения элементов автомобильной дороги;
 - передовой опыт строительства автомобильных дорог и достижения науки и техники в дорожной отрасли;
 - нормативные документы и стандарты, применяемые в расчетных и проектных работах, а также порядок контроля за соблюдением действующих норм и ведения технической документации;
- улучшить:
- организацию самостоятельной работы студентов с учетом рационального использования бюджета их времени;
 - контроль за соблюдением действующих норм и стандартов, разработкой технической документации;
 - организацию научных исследований в области совершенствования способов строительства автомобильных дорог, составления программ научных экспериментов с использованием статистической обработке результатов исследований.

Связь с другими дисциплинами. Дисциплина «Строительство автомобильных дорог» базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин, как «Математика», «Физика», «Изыскание и проектирование автомобильных дорог», «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна», «Экономика производства», «Дорожно-строительные материалы и изделия», а также дисциплин компонента учреждения высшего образования «Химия», «Дорожно-строительные машины». Знания и умения, полученные студентами при изучении данной дисциплины, необходимы для практической работы инженеров при строительстве автомобильных дорог.

В результате изучения учебной дисциплины «Строительство автомобильных дорог» студент **должен знать:**

- современные методы производства дорожно-строительных работ, последовательность технологических операций при строительстве в различных природных и геофизических условиях земляного полотна, всех разновидностей дорожных одежд и искусственных сооружений на автомобильных дорогах;

- технологию работы производственных предприятий дорожной отрасли и организацию производственного процесса на них;

- методику определения трудозатрат по выполнению технологических операций и комплектованию производственного подразделения по строительству автомобильной дороги;

- основные правила расстановки машин, механизмов и рабочей силы на дороге, обеспечивающие высокое качество работ, максимальную производительность машин и механизмов и высокое качество работ.

уметь:

- разрабатывать технологические карты на производство работ с учетом современных методов и способов производства;

- рассчитывать потребные ресурсы;

- организовывать производственный процесс, осуществлять операционный контроль качества;

- выполнять расчет объемов работ и потребности в материалах для строительства дорожной одежды.

владеть:

- практическими навыками применения материалов и технологий возведения и реконструкции автомобильных дорог;

- методами контроля качества работ при возведении и реконструкции автомобильных дорог.

- терминологией, принятой в практике строительства автомобильных дорог;

- методами расчета физико-механических показателей грунтов и дорожно-строительных материалов;

- способами геодезического обеспечения производства работ;

- нормативной и технической литературой.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ пп	Наименование частей, разделов, тем	Лекции и (часы)	Лабораторные (часы)	Практические (часы)
1	2	3	4	5
Часть1. СТРОИТЕЛЬСТВО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА				
	Раздел 1. Теоретические основы обеспечения эффективности и качества земляных работ	8		6
1.1	Общие сведения о земляном полотне и основных принципах его сооружения	2		2
1.2	Теоретические и нормативно-правовые основы строительства земляного полотна	2		
1.3	Материально-техническое обеспечение строительной отрасли	2		
1.4	Укрепление грунтов	2		4
	Раздел 2. Технология строительства земляного полотна	20		12
2.1	Подготовительные работы при сооружении земляного полотна	2		2
2.2	Строительство сооружений для регулирования водно-теплового режима земляного полотна	2		
2.3	Технология строительства дорожных труб	2		
2.4	Рациональное распределение земляных масс	2		4
2.5	Возведение насыпей и разработка выемок	2		6
2.6	Уплотнение грунта при сооружении земляного полотна	2		
2.7	Планировочные, отделочные и работы по рекультивации нарушенных земель	2		
2.8	Укрепительные работы	2		
2.9	Сооружение земляного полотна на болоте	2		
2.10	Особенности сооружения земляного полотна на пересеченной местности и в зимних условиях	2		
	Раздел 3. Реконструкция дорог, контроль качества и организация земляных работ	6	-	2
3.1	Земляные работы, выполняемые при реконструкции	2		
3.2	Контроль качества выполнения земляных работ	2		
3.3	Основы организации производства работ по возведению земляного полотна	2		2

1	2	3	4	5
Часть 2. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД КАПИТАЛЬНОГО ТИПА				
	Раздел 4. Современные тенденции и теоретические основы строительства дорожных одежд	8		4
4.1	Современные подходы и тенденции при строительстве дорожных одежд	2		
4.2	Общие положения при устройстве дорожных одежд капитального типа	2		
4.3	Теоретические основы строительства дорожных одежд.	2		
4.4	Материально-техническая база строительства автомобильных дорог	2		4
	Раздел 5. Подготовительные работы перед устройством дорожных одежд капитального типа	6		
5.1	Подготовка земляного полотна к строительству дорожной одежды	2		
5.2	Устройство дорожных оснований	2		
5.3	Устройство дополнительных слоев оснований	2		
	Раздел 6. Технология строительства дорожных одежд капитального типа	26		6
6.1	Конструкции дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием	2		
6.2	Подготовка к строительству	1		2
6.3	Укладка асфальтобетонных смесей	2		2
6.4	Особенности производства асфальтоукладочных работ	2		
6.5	Производство работ при пониженных температурах	2		
6.6	Технология горячего и холодного ресайклинга	2		
6.7	Уплотнение асфальтобетонных смесей	2		
6.8	Организация работ по строительству асфальтобетонных покрытий	2		2
6.9	Контроль качества при устройстве асфальтобетонных покрытий	2		
6.10	Строительство цементобетонных покрытий	2		
6.11	Конструктивные особенности цементобетонных покрытий	2		
6.12	Подготовительные работы перед устройством цементобетонных покрытий	2		
6.13	Устройство цементобетонного покрытия	2		

1	2	3	4	5
6.14	Строительство сборных цементобетонных покрытий	1		
	Раздел 7. Технология реконструкции и ремонта дорожных одежд капитального типа	6		6
7.1	Работы, выполняемые при реконструкции и ремонте дорожных одежд капитального типа	2		
7.2	Контроль качества строительства дорожных одежд капитального типа	2		
7.3	Организация работ при строительстве дорожных одежд капитального типа	2		6
Часть 3. СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ОБЛЕГЧЕННОГО, ПЕРЕХОДНОГО И НИЗШЕГО ТИПОВ				
	Раздел 8. Классификация и особенности строительства дорожных одежд облегченного, переходного и низшего типов	6	2	
8.1	Общая характеристика и классификация автомобильных дорог с дорожными одеждами облегченного, переходного и низшего типов	2		
8.2	Требования к материалам и смесям, применяемым при строительстве дорожных одежд облегченного, переходного и низшего типов	2	2	
8.3	Технология строительства дорожных оснований	2		
	Раздел 9. Технология строительства дорожных одежд облегченного, переходного и низшего типов	20	10	
9.1	Строительство дорожных одежд низших типов с грунтовыми и гравийными покрытиями	2	2	
9.2	Строительство дорожных одежд низших типов из грунтов, улучшенных асфальтогранулятом и цементогранулятом	2		
9.3	Технология строительства дорожной одежды с применением шлаковых материалов	2		
9.4	Строительство дорожных одежд переходного типа из каменных материалов без применения вяжущих	2		
9.5	Строительство дорожных одежд переходного типа из укрепленных грунтов	2	8	
9.6	Строительство дорожных одежд переходного типа из штучных элементов	2		
9.7	Строительство дорожных одежд облегченного типа из материалов, обработанных органическими вяжущими	2		
9.8	Строительство дорожных одежд облегченного типа из каменных материалов, обработанных	2		

	минеральными вяжущими			
1	2	3	4	5
9.9	Строительство дорожных одежд облегченного типа из органоминеральных смесей	2	4	
9.10	Строительство дорожных одежд облегченного типа с покрытием из плотных асфальтобетонных смесей, укладываемых в холодном состоянии	2		
	Раздел 10. Обустройство и контроль качества	8	4	
10.1	Обустройство автомобильных дорог	2		
10.2	Контроль качества. Методы и приборы контроля качества	2	4	
10.3	Состав проекта организации строительства и проекта производства работ. Технологические карты	2		
10.4	Инновационные технологии в строительстве автомобильных дорог	2		
	ВСЕГО	114	16	32

ПЕРЕЧЕНЬ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Строительство дорожной одежды капитального типа : методические указания и задания к курсовому проекту по дисциплине "Строительство автомобильных дорог" для студентов специальности 1-70 03 01 "Автомобильные дороги" / сост.: И. Н. Вербило [и др.]. - Минск : БНТУ, 2011. - 66 с.

Аннотация

В методических указаниях к курсовому проекту «Строительство дорожной одежды капитального типа» рассмотрены следующие вопросы: определение объемов работ и потребности в материалах на строительство дорожной одежды, оценка пригодности местных материалов, определение скорости потока, определение границ использования карьеров и средней дальности возки материалов, комплектование звеньев машин и расчет необходимого количества автотранспорта, разработка технологических карт производства работ по устройству конструктивных слоев дорожной одежды и линейного календарного графика с эпюрой потребности автотранспорта, контроль качества строительства.

URI

<http://rep.bntu.by/handle/data/5226>

Реут, Ж. В. Строительство дорожной одежды капитального типа : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / Ж. В. Реут, Е. П. Ходан ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Автомобильные дороги». – Минск : БНТУ, 2020. – 85 с.

Аннотация

Учебно-методическое пособие предназначено для выполнения курсового проекта по учебной дисциплине «Строительство автомобильных дорог». В пособии рассмотрены состав и порядок разработки основных разделов курсового проекта, приведены методики расчета отдельных наиболее сложных разделов, а также основы календарного планирования. В приложении приведены необходимые справочные данные.

URI

<https://rep.bntu.by/handle/data/83502>

Бабаскин, Ю. Г. Технология дорожного строительства : учебное пособие по дисциплине "Технология дорожного строительства" для специальности 1-36 11 01 "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" / Ю. Г. Бабаскин, И.Н. Вербило ; Белорусский национальный технический университет,

Кафедра "Строительство и эксплуатация дорог". - Минск : БНТУ, 2003. - 202 с. : ил., табл.

Аннотация

Цель данного издания – оказание методической помощи студентам специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» при изучении дисциплины «Технология дорожного строительства». Пособие содержит теоретический материал по строительству земляного полотна автомобильной дороги и всех существующих видов дорожных одежд. Материал изложен таким образом, чтобы предполагалось последовательное изучение основных элементов автомобильных дорог; видов работ, выполняемых при сооружении земляного полотна; технологии строительства дорожных одежд с покрытиями низших, переходных и усовершенствованных облегченных типов; технологии строительства асфальтобетонных и цементобетонных покрытий. Теоретический материал, изложенный в учебном пособии, и количество представленных тем соответствуют разработанной учебной программе по дисциплине «Технология дорожного строительства» для студентов специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование».

URI

<http://rep.bntu.by/handle/data/794>

Возведение земляного полотна автомобильной дороги : методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Строительство автомобильных дорог" для студентов специальности 1-70 03 01 "Автомобильные дороги", специализации 1-70 03 01 01 "Строительство дорог и аэродромов" / сост.: И. Н. Вербило [и др.]. - Минск : БНТУ, 2014. - 48 с., [6] л. табл. : ил., табл.

Аннотация

В методических указаниях рассмотрены следующие вопросы: общая характеристика условий района строительства; подготовительные работы; строительство железобетонных труб; возведение земляного полотна в насыпях, выемках, на болоте; расчет потребности ресурсов и комплектование отрядов; уплотнение грунта земляного полотна и контроль качества уплотнения; отделочные и укрепительные работы; контроль качества земляных работ и правила их приемки; охрана труда и природы; разработка линейного календарного графика организации работ. Приводится список литературы, необходимой для выполнения курсового проекта. В приложении даны основные справочные данные и примеры выполнения основных расчетно-графических материалов.

URI

<http://rep.bntu.by/handle/data/8001>

Бабаскин, Ю. Г. Технология строительства дорог. Практикум : учебное пособие для вузов по специальности "Экономика и организация производства (автомобильное хозяйство)" / Ю. Г. Бабаскин, И. И. Леонович ; Белорусский национальный технический университет. - Минск : БНТУ, 2010. - 362 с. : ил., табл.

Аннотация

Цель данного издания - оказание помощи студентам специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (автомобильное хозяйство)» при изучении дисциплины «Технология строительства дорог», а также обеспечение студентов учебной литературой при решении практических задач на учебных занятиях. Содержит условия задач, варианты исходные данные, задания к практическим задачам, примеры их решения и справочную информацию. Включает 36 практических задач по основным разделам проектов организации строительства, производства работ при строительстве автомобильных дорог. Материал изложен системно, благодаря чему обеспечивает последовательное изучение строительства автомобильных дорог по следующим разделам: «Инженерно-геологическое, инженерно-гидрометеорологическое, технико-экономическое обоснования», «Подготовительные работы», «Сооружение земляного полотна», «Строительство дорожной одежды и искусственных сооружений», «Организация строительного производства».

URI

<http://rep.bntu.by/handle/data/3761>

Бабаскин, Ю. Г. Техничко-экономическое обоснование технологии и организации работ по строительству автомобильной дороги : [методическое пособие к курсовому проекту по дисциплине "Технология строительства дорог" для специальности 1-27 01 01 "Экономика и организация производства (автомобильное хозяйство)" / Ю. Г. Бабаскин, И. В. Дерман ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Строительство и эксплуатация дорог". - Минск : БНТУ, 2006. - 160 с. : ил., табл.

Аннотация

Цель данного издания - оказание методической помощи студентам специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства (автомобильное хозяйство)» при работе над курсовым проектом на тему «Техничко-экономическое обоснование технологии и организации работ по строительству автомобильной дороги» по дисциплине «Технология строительства дорог». Методическое пособие содержит теоретический и практический материал по строительству, организации работ и контролю качества автомобильных дорог. Материал изложен в последовательности, соответствующей выполнению курсового проекта по таким основным разделам, как: общая характеристика района строительства

дороги; подготовительные работы; возведение земляного полотна; строительство дорожных труб; устройство дорожной одежды; выполнение отделочных и укрепительных работ; организация работы автомобильного транспорта; контроль качества. Каждый из представленных разделов включает результаты расчета ресурсов и состав укомплектованных машино-дорожных отрядов. Для облегчения работы студентов в методическом пособии представлены подробные ссылки на справочную и нормативную документацию.

URI

<http://rep.bntu.by/handle/data/3658>

Леонович, И. И. Водно-тепловой режим земляного полотна [Электронный ресурс] : пособие для студентов специальности 1-70 03 01 "Автомобильные дороги" / И. И. Леонович, Н. П. Вырко ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Строительство и эксплуатация дорог" . - Минск : БНТУ, 2013.

Аннотация

В пособии изложены основные положения, касающиеся водно-теплого режима земляного полотна автомобильных дорог, процессов протекающих при миграции и накоплении влаги в различных грунтах, закономерностей промерзания грунтов и пучинообразования в дорожных конструкциях. Теоретические положения пособия подкреплены расчетными примерами и некоторыми данными метеорологического характера. Пособие предназначено для студентов специальности «Автомобильные дороги» при изучении гидрологии, грунтоведческих и цикла специальных дисциплин дорожного профиля.

URI

<http://rep.bntu.by/handle/data/5200>

Архив журналов «Автомобильные дороги»

Аннотация

«Автомобильные дороги» - ежемесячный информационно-аналитический иллюстрированный журнал для тех, кто работает в дорожной отрасли. Журнал выходит с 1927 года по настоящее время. Первый номер журнала под названием «Местный транспорт» вышел в мае 1927 года. В 1929 году журнал выходил под названием «Дорожное хозяйство и автотранспорт», потом до 1937 года – «Дорога и автомобиль». С 1938 года – название журнала – «Строительство дорог». С 1954 года журнал носит современное название – «Автомобильные дороги». В журнале широко представлена информация для специалистов, аналитика и

прогнозы по самому широкому спектру проблем дорожного хозяйства. Тематика статей разнообразна: источники и объекты финансирования дорожных работ, современные технологии управления, строительства, содержания и ремонта, совершенствование механизмов бюджетного планирования, технические и технологические новинки, страхование, образовательные услуги для специалистов дорожной отрасли, зарубежный опыт, подробные обзоры профильных выставок, проблемы дорожного хозяйства в регионах.

URI

<https://www.booksite.ru/dorogi/index.htm>

YouTube канал «Организация дорожных работ»

Описание

Основополагающее направление для компании «ГефестАвто» – дорожные работы. Наша специализация – дорогостроение разномасштабное и разноформатное. Мы выполняем асфальтирование, карточный ремонт, временное возведение дороги. А также произведем: - расчистку территории; - укладку тротуарной плитки; - обустройство прилегающих территорий; - озеленение. Составляемая смета учитывает все – где располагается дорога, ее параметры, объемы работ и материалов. А также выполнение тех.условий заказчика, с учетом объективной оценки состояния грунта, времени эксплуатации и спецнаправленности транспорта.

URI

<https://www.youtube.com/channel/UC8aIXT2IH7J4WvJn0HgJhtw/featured>

YouTube канал «СоюзДорНИИ»

Описание

Канал Содружества дорожных экспертов "СоюзДорНИИ"

Миссия: возрождение российской дорожной науки и реального дорожно-строительного сектора

URI

https://www.youtube.com/channel/UC01ix1My9vEZvniPСАPEC_g

YouTube канал «Павел Авдокушин»

Описание

ПАВЕЛ АВДОКУШИН: независимый инфраструктурный обозреватель. Член Національної Спільки Журналістів України

*Канал обзоров социально значимых инфраструктурных проектов Украины: стройки и реконструкции дорог, мостов, парков, метро и пр. Изначально канал был личным блог. Поэтому на нем можно найти старые личные видео на другие темы.*URI

<https://www.youtube.com/c/PavelAvdokushyn/featured>