

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

А.П. Бажанов

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ
НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ
И СТАБИЛЬНОСТИ ГРУНТОВ**

Допущено УМО вузов РФ по образованию в области строительства
в качестве учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Строительство»
(профиль подготовки: «Автомобильные дороги»)

Пенза 2015

УДК 624.138(076.8)

ББК 38.623я73

Б16

Рецензенты: доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений» С.В. Алексиков (ВГАСУ); доктор технических наук, профессор, технический директор ООО «НПП «Геотек» (г. Пенза) Г.Г. Болдырев

Бажанов А.П.

Б16 Методы повышения несущей способности и стабильности грунтов: учеб. пособие / А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 160 с.
ISBN 978-5-9282-1338-1

Изложены общие сведения о грунтах, используемых для устройства земляного полотна и дорожной одежды. Рассмотрены требования к плотности грунта в теле насыпи, а также надежности и прочности дорожной конструкции. В работе изложены методы повышения несущей способности и стабильности грунтов, используемых для строительства земляного полотна и дорожной одежды. Отражены вопросы необходимости обследования дорожных конструкций с целью оценки их прочности и дальнейшей разработки мероприятий по повышению несущей способности и стабильности данных конструкций.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (профиль подготовки «Автомобильные дороги») по видам деятельности изыскательская, проектно-конструкторская и производственно-технологическая, изучающих дисциплину «Методы повышения несущей способности и стабильности грунтов», а также может быть использовано инженерно-техническими работниками дорожного строительства.

;

ISBN 978-5-9282-1338-1

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2015

© Бажанов А.П., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Повышение несущей способности и стабильности дорожных грунтов является важнейшей задачей, стоящей перед специалистами дорожной отрасли.

Учебное пособие написано в соответствии с программой цикла дисциплин ФГОС ВПО по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (квалификация ««академический бакалавр»). Материал учебного пособия ориентирован на:

- знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест (ПК-1);

- владение методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования (ПК-2);

- проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных решений, разработку проектной и рабочей технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ, контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам (ПК-3).

В нем изложены общие сведения о грунтах, используемых для устройства земляного полотна и дорожной одежды. Рассмотрены требования к плотности грунта в теле насыпи, а также к надежности и прочности дорожной конструкции. Показаны методы стабилизации и укрепления грунтов в дорожном строительстве. Отражены вопросы необходимости обследования дорожных конструкций с целью оценки их прочности и дальнейшей разработки мероприятий по повышению несущей способности данных конструкций.

В отличие от других учебных пособий по этому курсу в его отдельных главах изложены основные положения методов строительства и укрепления новых и реконструкции существующих автомобильных дорог, методы регенерации покрытий и нежестких дорожных одежд, вопросы приемки выполненных работ, а также оценки качества строительного-монтажных работ при строительстве автомобильных дорог.

Изучение представленного в учебном пособии материала по вопросам совершенствования методов повышения несущей способности и стабильности грунтов базируется на знаниях, полученных студентами при освоении таких дисциплин, как «Геология», «Механика грунтов», «Основания и

фундаменты», «Основы проектирования автомобильных дорог» и «Технология и организация строительства автомобильных дорог»

Автор выражает благодарность за ценные замечания и советы рецензентам книги – заведующему кафедрой «Строительство и эксплуатация транспортных сооружений» ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», доктору технических наук, профессору С.В. Алексикову и техническому директору «НПП «Геотек» (г. Пенза), доктору технических наук, профессору Г.Г. Болдыреву.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в дорожном строительстве происходят большие количественные и качественные преобразования: возрос уровень дорожного строительства, широко внедряются новые материалы, технические и технологические решения, в том числе и зарубежные разработки. Усилились требования к элементам дороги и их обустройству, к материалам и технологическим процессам, особое внимание уделяется методам повышения несущей способности и стабильности дорожных грунтов.

Грунты, применяемые для возведения земляного полотна и дорожной одежды, как правило, разнообразны. Их физико-механические и физические свойства оказывают существенное влияние на конструкцию земляного полотна и дорожной одежды, способы производства работ и, в конечном итоге, на стоимость всей автомобильной дороги.

Земляное полотно в пределах его рабочего слоя и дорожная одежда в совокупности представляют собой инженерное сооружение, называемое дорожной конструкцией.

Дорожная одежда в данной конструкции представляет собой многослойное искусственное сооружение, ограниченное проезжей частью автомобильной дороги и состоящее из дорожного покрытия, слоев основания и подстилающего слоя, воспринимающего многократно повторяющиеся воздействия транспортных средств и погодно-климатических факторов, в результате чего обеспечивается передача транспортной нагрузки на верхнюю часть земляного полотна.

Дорожная одежда должна быть надежной в эксплуатации, т.е. обеспечивать безотказную работу в течение всего года и периода между капитальными ремонтами.

Количественным показателем надежности дорожной одежды является коэффициент надежности K_n , определяемый как отношение длины прочных (недеформированных) участков дороги к её общей длине.

Под прочностью дорожной одежды понимают способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчетной нагрузки (кратковременной, многократной или длительно действующей однократной), приложенной к поверхности покрытия. Она оценивается коэффициентом прочности $K_{пр}$ ее слоев по допускаемым напряжениям в зависимости от расчетной нагрузки.

Коэффициент прочности вновь проектируемой конструкции должен быть таким, чтобы в заданный межремонтный период не наступил отказ по прочности с вероятностью выше заданной, т.е. чтобы была обеспечена заданная (требуемая) надежность.

Стабильность земляного полотна автомобильных дорог – один из основных факторов, определяющих надежность и работоспособность всей дорожной конструкции. Критерием устойчивости грунта является его плотность, тесно связанная с влажностью, пористостью и пластичностью грунта.

В работе изложены методы повышения несущей способности и стабильности грунтов, используемых для строительства земляного полотна и дорожной одежды.

1. АНАЛИЗ ОБЩИХ СВЕДЕНИЙ О ГРУНТАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

1.1. Классификация грунтов, используемых для устройства земляного полотна и дорожной одежды

Грунт (нем. *Grund* – основа, почва) – горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Грунты, применяемые для возведения земляного полотна, как правило, разнообразны.

Земляное полотно включает следующие элементы:

- верхнюю часть земляного полотна (рабочий слой);
- тело насыпи (с откосными частями);
- основание насыпи;
- основание выемки;
- откосные части выемки;
- устройства для поверхностного водоотвода;
- устройства для понижения или отвода грунтовых вод (дренаж);
- поддерживающие и защитные геотехнические устройства и конструкции, предназначенные для защиты земляного полотна от опасных геологических процессов (эрозии, абразии, селей, лавин, оползней и т. п.).

Физико-механические и физические свойства грунтов оказывают существенное влияние на конструкцию земляного полотна, способы производства работ и, в конечном итоге, на стоимость всей автомобильной дороги.

Дорожная одежда представляет собой многослойную конструкцию, укладываемую на тщательно спланированные и уплотненные верхние слои земляного полотна. Поэтому в совокупности дорожная одежда и верхняя часть земляного полотна в пределах ее рабочего слоя представляют собой инженерное сооружение, называемое дорожной конструкцией.

Материалы дорожной одежды воспринимают растягивающие напряжения и накапливают пластические деформации от колес автомобилей, распределяют и передают давление от транспортных средств на грунты земляного полотна.

Напряжения, возникающие в слоях дорожной одежды при движении автомобиля, с глубиной затухают (рис. 1.1). Это позволяет проектировать дорожную одежду многослойной, применяя в отдельных слоях материалы различной прочности.

Дорожной одеждой называют совокупность конструктивных слоев разной прочности, обычно уменьшающейся книзу, устраиваемых из различных материалов.

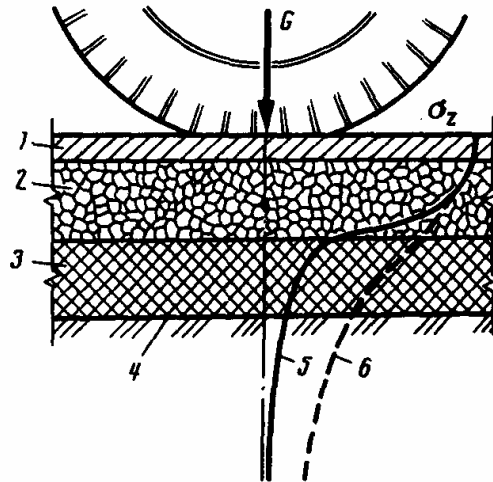


Рис. 1.1. Напряжения от колес автомобилей в многослойной дорожной одежде:
 1 – покрытие; 2 – основание; 3 – дополнительный слой основания;
 4 – грунт земляного полотна; 5 — напряжения в дорожной одежде;
 6 – напряжения в однородном грунте

Многослойная конструкция дорожной одежды показана на рис. 1.2.

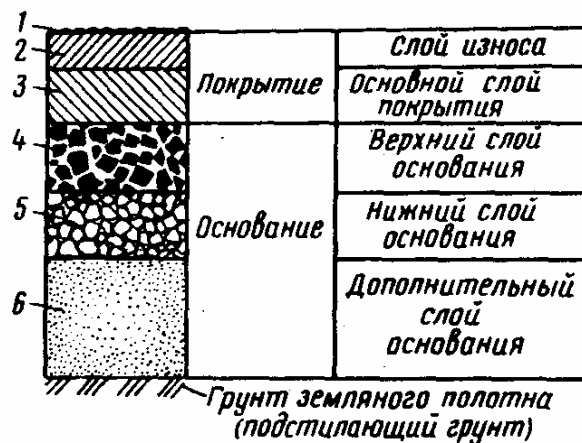


Рис. 1.2. Конструктивные слои дорожных одежд:
 1 – поверхностная обработка; 2 – мелкозернистый асфальтобетон;
 3 – крупнозернистый асфальтобетон; 4 – щебень, обработанный вяжущими материалами; 5 – щебень; 6 – песок.

Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колес автомобилей и подвергающаяся воздействию атмосферных факторов. Покрытие должно быть плотным, прочным, ровным, шероховатым, должно обеспечивать необходимые эксплуатационные качества проезжей части в любое время года. Поскольку покрытие устраивают из

наиболее дорогостоящих материалов, ему придают минимально допустимую толщину.

В целях безопасности движения и защиты верхнего слоя покрытия от проникновения в него влаги устраивают поверхностную обработку (защитный слой), которая способствует повышению прочности и шероховатости гладких покрытий в процессе эксплуатации. В расчетную толщину дорожной одежды поверхностная обработка не входит, она подлежит периодическому восстановлению в процессе эксплуатации дороги. Шероховатость покрытия обеспечивается за счет применения каменных материалов, устойчивых против износа.

Дорожная одежда должна быть прочной независимо от изменения режима увлажнения в течение года. Прочность материалов, используемых в дорожной одежде, зависит от состава движения, т. е. количества разных типов транспортных средств в транспортном потоке, имеющих различное давление на покрытие дорожной одежды, и климатических условий для данного района проектирования.

Верхние слои дорожной одежды испытывают значительные напряжения растяжения и температурные изменения, поэтому они должны быть монолитными, плотными, морозо- и термостойкими. В районах с неустойчивой зимой, суровым климатом и при частых перепадах температуры для покрытия выбирают более прочные и морозоустойчивые породы камня. В районах с жарким летом покрытие, построенное с применением органических вяжущих материалов, размягчается, поэтому необходимо применять более вязкие битумы.

Основание – несущая прочная часть дорожной одежды, обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение и снижение давления на расположенные ниже дополнительные слои или грунт земляного полотна. Оно не подвергается непосредственному воздействию колес автомобилей, поэтому для его устройства применяют материалы меньшей прочности, чем для покрытия и слоя износа. Основание может состоять из одного или нескольких слоев. В последнем случае верхние слои основания устраивают из более прочных материалов. Для устройства нижних слоев основания используют менее прочные местные материалы, но достаточно морозо- и водостойкие.

Дополнительные слои основания устраивают между основанием и верхней частью земляного полотна в районах сезонного промерзания грунтов на дорогах, находящихся в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях. Совместно с покрытием и основанием дополнительные слои обеспечивают прочность дорожной одежды.

Дополнительные слои из песка, гравия или щебня укладывают на участках земляного полотна, сложенных из пылеватых, суглинистых и глинистых грунтов, в которых могут развиваться процессы зимнего накоп-

ления влаги и образования пучин, с целью предотвращения вспучивания покрытия. Дополнительные слои одновременно выполняют морозозащитные и капилляропрерывающие функции.

Для того чтобы грунтовые воды не поднимались по капиллярам (мелким волосным порам), в земляном полотне по направлению к дорожной одежде устраивают дополнительные слои из местных материалов, укрепленных органическими вяжущими материалами на всю ширину земляного полотна. Дополнительный слой прерывает движение воды. На подстилающий грунт земляного полотна передается давление от дорожной одежды и транспортных нагрузок, поэтому прочность дорожной одежды может быть обеспечена лишь на однородном, хорошо уплотненном, не подверженном пучению земляном полотне при обеспеченном водоотводе.

Дорожная одежда должна быть надежной в эксплуатации, т.е. обеспечивать безотказную работу в течение всего года и периода между капитальными ремонтами. Отказ это такое состояние дорожной одежды, при котором требуется проведение капитального ремонта ранее срока, установленного действующими нормами.

Грунты, используемые для возведения насыпей, разделяют на четыре основные группы: скальные, добываемые путем разрушения естественных сплошных или трещиноватых скальных массивов; крупнообломочные, залегающие в естественных условиях в виде аллювиальных и делювиальных отложений; песчаные; глинистые.

По своим физико-механическим свойствам грунты, залегающие в верхней толще земной коры, подразделяют:

1. Щебенистый грунт – не окатанные остроугольные разрушенные горные породы размером частиц до 200 мм и насыпной плотностью 1750...1900 кг/м³, естественной влажностью 2...6 % и коэффициентом разрыхления 1,3...1,4.

2. Гравелистый грунт – обломочная горная порода, состоящая из несцементированных окатанных зерен размером до 70 мм. Окатанные частицы от 70 до 200 мм принято называть галькой. Насыпная плотность гравелистого грунта достигает 1700...1900 кг/м³, естественная влажность – 2...8 % и коэффициент разрыхления – 1,14...1,28.

3. Песок – рыхлая горная порода, состоящая из обломков различных минералов и пород в виде зерен диаметром от 0,12 до 5 мм. Песок подразделяют на крупный с преобладанием фракции 0,5...5 мм, средний с преобладанием фракции 0,25...0,5 мм; мелкий с содержанием частиц 0,1...0,25 мм более 50 %. Песок, в котором преобладает фракция менее 0,1 мм, называют пылеватым. Насыпная плотность песка – 1500...1600 кг/м³, естественная влажность – 8...12 % и коэффициент разрыхления – 1,0...1,1.

4. Супесь – грунт, содержащий от 30 до 50 % песчаных частиц. Насыпная плотность 1500...1600 кг/м³, естественная влажность – 10...15 %, коэффициент разрыхления – 1,2...1,3, число пластичности – 1...7.

5. Глина представляет собой силикат, содержащий глинозем, кремнезем, примеси песка, извести и др., а также химически связанную воду. Глина содержит частиц мельче 0,005 мм более 30 %. При содержании в глине частиц мельче 0,005 мм более 60 %, ее называют тяжелой. Плотность глины при естественной влажности – 20...30 % составляет 1500...1600 кг/м³. Коэффициент разрыхления – 1,15...1,30, число пластичности, в зависимости от содержания глинистых частиц, – 17...27.

6. Суглинок – грунт, содержащий от 10 до 30 % глинистых частиц. Плотность суглинка при естественной влажности 14...19 % составляет от 1500 до 1600 кг/м³. Коэффициент разрыхления изменяется в пределах от 1,2 до 1,3. Суглинок с числом пластичности 7...12 называют легким, а с числом пластичности свыше 12 – тяжелым.

7. Растительный грунт имеет в своем составе гумуса от 4 до 22 %. По механическим свойствам приближается к тяжелым суглинкам. Плотность растительного грунта при влажности 20...25 % составляет 1200...1300 кг/м³, а коэффициент разрыхления – 1,3...1,4.

Пригодность грунта для сооружения земляного полотна определяется его дорожно-строительными свойствами (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1

Классификация грунтов по их дорожно-строительным свойствам

Вид грунта	Распределение частиц по крупности, % от массы сухого грунта	Содержание песчаных частиц, % от массы сухого грунта	Число пластичности	Пригодность грунтов для отсыпки земляного полотна
1	2	3	4	5
<i>Крупнообломочные:</i> Щебенистый (неокатанные частицы)	Крупнее 10 мм, более 50 %	-	-	Весьма пригоден
Гравелистый (окатанные частицы)	Крупнее 10 мм, более 50 %	-	-	То же
Древесный (при преобладании окатанных частиц – гравелистый)	Крупнее 2 мм, более 50 %	-	-	->-
<i>Песчаные:</i> Песок гравелистый	Крупнее 2 мм более 25 %			Весьма пригоден
Песок крупный	Крупнее 0,5 мм более 50 %	-	-	Пригоден

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4	5
Песок средней крупности	Крупнее 0,25 мм более 50 %	-	-	То же
Песок мелкий	Крупнее 0,1 мм более 75 %	-	-	Пригоден, но менее устойчив
Песок пылеватый	Крупнее 0,05 мм более 75 %	-	-	Малопригоден
<i>Глинистые:</i> Супесь	Легкая крупная	50	1...7	Весьма пригодна
-»-	Легкая пылеватая	20...50	1...7	Пригодна
-»-	Тяжелая пылеватая	20	1...7	Малопригодна
Суглинок:	Легкий	40	7...12	Пригоден
-»-	Легкий пылеватый	40	7...12	То же
-»-	Тяжелый	40	12...17	То же
-»-	Тяжелый пылеватый	40	12...17	Малопригоден
Глина:	Песчаная	40	17...27	Пригодна
-»-	Пылеватая полужирная	Не нормируется	17...27	Малопригодна
-»-	Жирная	То же	27	Не пригодна

Для насыпей применяют грунты, состояние которых под действием природных факторов не изменяется или изменяется незначительно, что не влияет на их порочность и устойчивость в земляном полотне. К таким грунтам относят: скальные не размягчаемые породы, крупнообломочные, песчаные (кроме мелких и пылеватых), супеси крупные и легкие (см. табл. 1.1).

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

Кроме грунтов природного происхождения для отсыпки насыпей применяют отходы промышленности: золошлаковые материалы, отвалы горнодобывающей промышленности и др.

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

1.2. Расположение грунтов в теле насыпи

В связи с разнообразием использования грунтов в пределах глубины промерзания при возведении земляного полотна необходимо знать, какие из них в какую часть насыпи целесообразно укладывать, чтобы в теле насыпи не допустить образования висячих горизонтов воды. При правиль-

ном расположении грунтов в насыпи, плотность и влажность грунтов будет примерно одинаковой, снизится морозное пучение и не возникнут неравномерные просадки дорожного покрытия.

Для наглядности рассмотрим несколько случаев расположения грунтов в теле насыпи. Предположим, что на участке с избыточным увлажнением нижнюю часть насыпи отсыпали из пылеватых суглинков, а верхнюю часть – из песчаных грунтов.

При этом, толщина насыпного слоя из пылеватого суглинка h_1 , оказалась меньше высоты капиллярного поднятия воды h_k .

В этом случае вода по узкому капилляру поднимается до песчаного грунта, имеющего широкий капилляр, и поднятие влаги прекращается, поскольку на границе данных капилляров появляется выпуклый мениск и вода из нижнего капилляра, более узкого, не поступает в верхний капилляр с диаметром в сотни раз больше нижнего капилляра (рис. 1.3, а). С повышением грунтовых вод уменьшается лишь радиус мениска, значит, при обеспечении условий поверхностного стока естественная влажность верхнего песчаного слоя останется постоянной, особенно если мощность слоя хорошо фильтрующего песка $h > h_k$.

При отсыпке нижней части насыпи из дренирующих грунтов, а верхней из связных при $h_1 < h_k$ (рис. 1.3, б), грунтовая вода из широкого капилляра, достигнув узкого капилляра суглинка, быстро поднимается на значительную высоту, пока не достигнет максимального своего значения. При таком расположении грунтов в теле насыпи, как правило, наблюдается значительное морозное пучение, что приводит в период оттаивания к потере устойчивости земляного полотна.

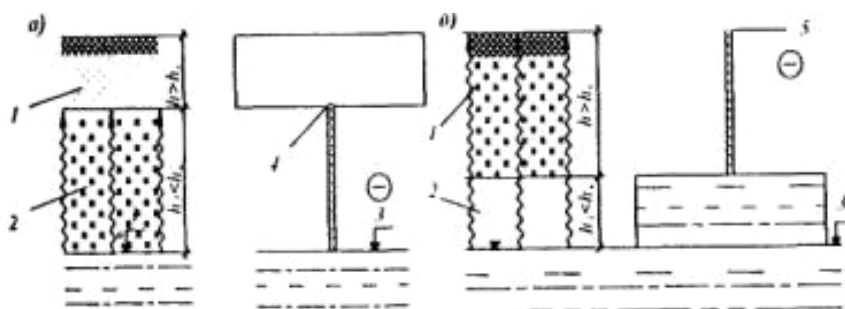


Рис. 1.3. Расположение грунтов в теле насыпи:

- а – благоприятное; б – неблагоприятное;
 1 – песок; 2 – пылеватый суглинок; 3 – расчетный уровень грунтовых вод;
 4 – выпуклый мениск; 5 – вогнутый мениск

Если толщина нижнего песчаного слоя больше капиллярного поднятия воды $h > h_k$, то влажность вышележащего пылеватого суглинка повышается лишь вследствие потока влаги в парообразном состоянии и инфильтрации поверхностной воды. В этом случае нижний слой выполняет

функцию капиллярно-прерывающего слоя, что предотвращает увлажнение верхнего слоя насыпи грунтовыми водами.

В тех случаях, когда верхний слой насыпи из связных грунтов отсыпан на дренирующий грунт и толщина слоя связного грунта h' меньше высоты капиллярного поднятия h'_k , то при необеспеченном поверхностном водоотводе образуется висячий горизонт воды из-за процесса инфильтрации (рис. 1.4).

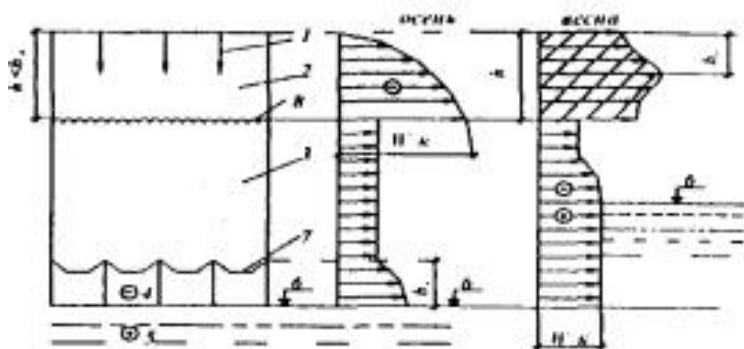


Рис. 1.4. Неблагоприятное расположение грунтов в теле насыпи, способствующее накоплению влаги в верхней части земляного полотна:
 1 – инфильтрация поверхностной воды; 2 – связный грунт; 3 – дренирующий грунт; 4 – зона капиллярного увлажнения высотой h_k ; 5 – зона грунтовой воды; 6 – уровень грунтовых вод; 7 – поверхность менисков в фильтрующем грунте; 8 – поверхность менисков в связном грунте

Зимой под воздействием отрицательной температуры происходит перераспределение внутренних запасов воды.

Наибольшее количество замерзшей воды накапливается на глубине h_0

$$h_0 = (0,6...0,75) h, \quad (1.1)$$

где h – толщина слоя связного грунта.

При вынужденном возведении насыпи из связных грунтов с влажностью значительно превышающей оптимальную влажность, рекомендуется в земляном полотне устраивать прослойки из песка толщиной $h \geq h_k$. На участках с II или III типом увлажнения и высоте насыпи до 1,2...1,5 м, переувлажненные грунты необходимо предварительно осушить. Предварительное осушение грунта или его замену производят при коэффициенте консистенции $B_k > 0,75$

$$B_k = \frac{w - w_p}{I_p}, \quad (1.2)$$

где w – естественная влажность грунта, %;

w_p – влажность, соответствующая границе раскатывания, %;

I_p – число пластичности.

Насыпи отсыпают послойно из однородных грунтов, укладываемых на полную ширину, с постоянно обеспеченным стоком поверхностных вод.

Толщину каждого слоя принимают в зависимости от свойств грунта и способов уплотнения.

При неоднородных грунтах отсыпаемым слоям нужно придавать требуемый поперечный уклон. Когда же менее дренирующие слои располагают ниже более дренирующих, то менее дренирующие грунты нужно укладывать с поперечным уклоном $\geq 40\%$. При обратном взаиморасположении слоев вышеприведенное условие не соблюдают.

Откосы земляного полотна, сложенного дренирующими грунтами, необходимо присыпать слоем менее дренирующего грунта и производить посев трав.

1.3. Теоретические предпосылки основ уплотнения земляного полотна

Уплотнение грунта – одно из важнейших условий, обеспечивающих требуемую прочность и допустимое морозное пучение. С увеличением плотности грунта возрастают его прочность, устойчивость, модуль деформации и сопротивление сдвигу, а пористость, деформируемость, водонепроницаемость, набухание и морозное пучение снижаются.

Грунт представляет собой сложное тело, в состав которого входят твердые частицы, вода и воздух. Жидкая и газообразная фазы подвижны в порах грунта, и в зависимости от действия физико-механических взаимодействий на грунт их количество может резко изменяться. Прочность грунта зависит от относительного содержания скелета и воды, т.е. от плотности и влажности грунта. Соотношение по массе и объёму трёх компонентов выражается уравнением

$$\frac{\delta}{\gamma} + \frac{w\delta}{100} + \frac{V}{100} = 1, \quad (1.3)$$

где δ – плотность скелета грунта, г/см³;

w – массовая доля влажности грунта, %;

V – объем воздуха, %;

γ – плотность твердой фазы грунта (истинная плотность скелета, г/см³);

1 – единичный объем грунта (1 см³).

Отсюда, плотность скелета грунта δ , характеризующая степень уплотнения земляного полотна, находится как

$$\delta = \frac{1 - \frac{V}{100}}{\frac{1}{\gamma} + \frac{w}{100}} = \frac{\gamma(1 - \frac{V}{100})}{1 + \frac{w\gamma}{100}}. \quad (1.4)$$

Из условия (1.4) следует, что степень плотности грунта δ при одинаковой истинной плотности скелета частиц γ будет тем выше, чем меньше объем воздуха и влажность грунта. Однако прочность грунта зависит не только от плотности скелета грунта, но и от его структуры, поэтому для решения основной теоретической задачи уплотнения необходимо определить, как сохраняется достигнутая плотность грунта при переменном увлажнении, промерзании и оттаивании и как влияет она на сцепление C , угол внутреннего трения ϕ и модуль упругости E .

На практике доказано, что для получения наиболее плотной структуры необходимо, чтобы влажность грунта была такой, при которой объем заземленного воздуха находился в пределах 4...6 %, что соответствует полному заполнению грунтовых пор водных гидратных оболочек. Как показывают многочисленные эксперименты, именно при таком объеме воздуха грунт характеризуется минимальными водопроницаемостью, морозным пучением, набуханием, а также максимальным модулем упругости и сопротивлением сдвигу. Если влажность ниже, т.е. объем пор, занятых воздухом, выше, не создается устойчивой структуры, и при увлажнении грунт легко разбухает и тем больше, чем выше влажность, а при недостаточной плотности, наоборот, доуплотняется и дает осадку, а модуль упругости в обоих случаях падает. Если влажность вытесняет указанный процент воздуха, то структура также становится неустойчивой.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что для любого вида грунта существует определенная влажность, называемая оптимальной влажностью, при которой достигается наибольшая (оптимальная) плотность грунта с минимальной затратой энергии на его уплотнение. Для соблюдения оптимального режима уплотнения до начала возведения земляного полотна проводят лабораторные испытания: определяют оптимальную плотность и влажность грунта, а также потребную для уплотнения механическую работу.

1.4. Методы определения оптимальной плотности и влажности грунта

Стандартное уплотнение грунта в лабораторных условиях производят на приборе СоюздорНИИ (рис. 1.5). Отобранный из резерва или выемки образец грунта, предназначенного для устройства насыпи, высушивают до постоянного веса, растирают и просеивают через сито 5 мм.

Грунт, просеянный на сите, увлажняют из расчета на 4...5 % ниже границы раскатывания и берут пробу для определения влажности грунта, w . Приготовленный грунт насыпают в прибор на 1/3 и уплотняют ударами груза массой 2,5 кг, падающего с высоты 30 см. Уплотнение производят в три слоя. Число ударов зависит от физико-механических свойств грунта и

составляет для несвязных грунтов 20×3, для связных 40×3. Далее взвешивают разъемный цилиндр с грунтом и без грунта. Плотность влажного грунта δ_w определяют по формуле

$$\delta_w = \frac{P_1 - P_2}{V}, \quad (1.5)$$

где P_1 – общая масса цилиндра с грунтом, г;

P_2 – масса разъемного цилиндра, г;

V – объем цилиндра (1000 см³).

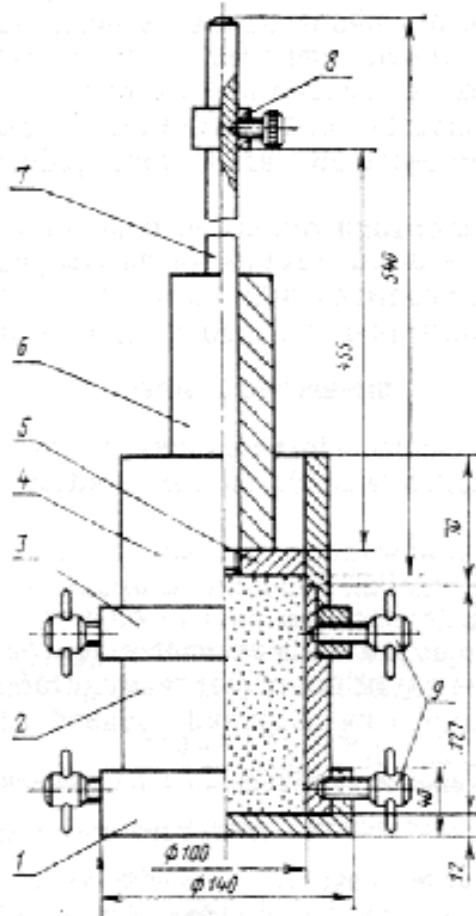


Рис. 1.5. Прибор для стандартного уплотнения:

- 1 – поддон; 2 – разъемный цилиндр; 3 – груз массой 2,5 кг; 4 – стойка;
 5 – цилиндрическая насадка; 6 – зажимное кольцо; 7 – зажимный винт;
 8 – ограничитель для регулирования падения груза

Зная влажность и плотность влажного грунта, по выражению (1.4) определяют среднюю плотность скелета грунта

После этого грунт из разъемного цилиндра высыпают в чашку, добавляют 2...3 % воды и повторяют операцию, описанную выше.

Затем, по полученным значениям (w , δ) строят кривую (рис. 1.6) стандартного уплотнения, отображающую зависимость плотности скелета от влажности грунта при уплотнении. Максимум данной кривой опреде-

ляют два параметра: оптимальную плотность δ_0 и оптимальную влажность w_0 . Если грунт содержит частицы крупнее 5 мм, то в оптимальную плотность, определенную для отсеянного грунта, вводят поправки, которые приведены в табл.1.2.

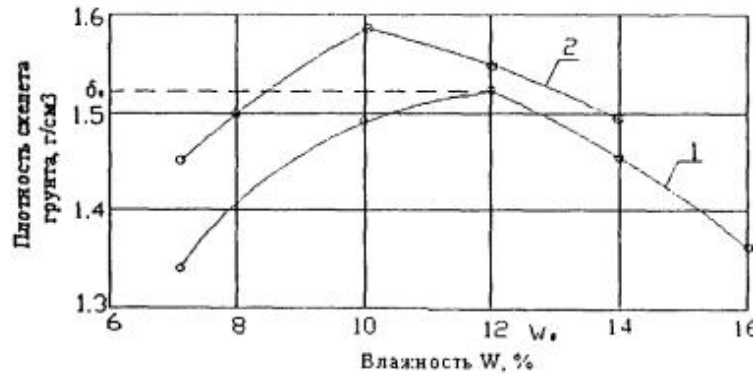


Рис. 1.6. Кривые для определения оптимальной плотности и влажности:
1 – стандартное уплотнение на приборе СоюздорНИИ; 2 – усиленное уплотнение (США)

Т а б л и ц а 1.2

Ориентировочные значения поправок в зависимости от процентного содержания частиц крупнее 5 мм

Содержание частиц крупнее 5 мм, %	Поправки		Содержание частиц крупнее 5 мм, %	Поправки	
	на плотность	на влажность		на плотность	на влажность
5	1,02	0,95	20	1,08	0,80
10	1,04	0,90	30	1,13	0,70
15	1,06	0,85	40	1,18	0,60

Стабильность земляного полотна автомобильных дорог – один из основных факторов, определяющих надежность и работоспособность всей дорожной конструкции. **Критерием устойчивости грунта является его плотность**, тесно связанная с влажностью, пористостью и пластичностью грунта.

Плотность это физическое свойство грунтов, количественно оцениваемое величиной отношения их массы к занимаемому объему (1.5).

Зная влажность w и плотность влажного грунта δ_w , определяют среднюю плотность грунта

$$\delta = \frac{\delta_w}{1 + \frac{w}{100}}, \quad (1.6)$$

где w – влажность грунта.

Плотность грунта, которая должна быть достигнута при сооружении земляного полотна, определяют по формуле

$$\delta_{\text{тр}} = \delta_0 K_{\text{тр}}, \quad (1.7)$$

где $\delta_0 = \frac{\delta}{1 + 0,01w}$ – оптимальная плотность скелета грунта;

$K_{\text{тр}}$ – коэффициент уплотнения, установленный действующими нормами.

Т а б л и ц а 1.3

Значения минимального требуемого коэффициента $K_{\text{тр}}$ от оптимального уплотнения K_0

Вид земляного полотна	Часть земляного полотна	Глубина расположения слоя от поверхности покрытия, м	Дороги с усовершенствованными покрытиями капитального типа		Дороги с усовершенствованными облегченными и переходными покрытиями	
			Коэффициент уплотнения в дорожно-климатических зонах			
			II, III	IV, V	II, III	IV, V
Насыпи	Верхняя	До 1,5	1...0,98	0,98...0,95	0,98...0,95	0,95
	Нижняя не подтапливаемая	1,5... 6,0	0,98...0,95	0,95	0,95	0,95
		Более 6,0	0,98	0,95	0,95	0,95...0,90
Выемки, нулевые места и естественные основания	В зоне промерзания	До 1,2	1...0,98	0,98...0,95	0,98...0,95	0,95
	Нижние зоны промерзания	До 1,2	0,95	0,95...0,92	0,95...0,92	0,90

Примечание. Большие значения коэффициента уплотнения относятся к дорогам с цементобетонными и цементогрунтовыми покрытиями и основаниями, а также с усовершенствованными облегченными покрытиями.

Необходимость уплотнения грунтов в выемках, нулевых местах и естественных основаниях устанавливаются путем определения фактической плотности этих грунтов и её сопоставления с требуемой плотностью. Изменения плотности грунтов в результате искусственного уплотнения, учитываемые при подсчете объемов земляных работ, характеризуют коэффициентом относительного уплотнения $K_{\text{отн}}$ (табл. 1.4).

$$K_{\text{отн}} = \frac{V_{\text{ф}}}{V_{\text{тр}}} = \frac{\delta_{\text{тр}}}{\delta_{\text{рез}}}, \quad (1.8)$$

где $V_{\text{ф}}$ – объем грунта, взятого из резерва;

$V_{тр}$ – объем того же грунта в насыпи после уплотнения;

$\delta_{тр}$ – требуемая плотность грунта в теле насыпи;

$\delta_{рез}$ – плотность грунта в естественном состоянии.

Плотность грунта в естественном состоянии $\delta_{рез}$ определяют непосредственно взятием проб грунта из резерва. Берут одну пробу на 1500...2000 м³ грунта. Ориентировочные значения $K_{отн}$ приведены в табл. 1.4.

Т а б л и ц а 1.4

Значения коэффициента относительного уплотнения

Требуемый коэффициент уплотнения грунта насыпи $K_{тр}$	Грунт			Каменные материалы при плотности и естественном залегании, кг/м ³		
	пески, супеси пылеватые, суглинки	суглинки, глины	лессы и лесовидные грунты, черноземы	1900...2000	2200...2400	2400...2700
1,0	1,10	1,05	1,20	-	-	-
0,95	1,05	1,00	1,15	0,90	0,85	0,80
0,90	1,00	0,95	1,10	-	-	-

Если влажность грунта на 2...3 % больше или меньше оптимальной, то оптимальную плотность получить нельзя. Оптимальная влажность способствует повышению сцепления в грунте за счет образования более прочно адсорбированных водных пленок.

Пористость грунта n (суммарный объем всех пор в единице объема грунта)

$$n = \frac{\delta_s - \delta_d}{\delta_s} \cdot 100, \quad (1.9)$$

где δ_s – плотность частиц грунта;

δ_d – плотность сухого грунта.

Коэффициент пористости e (отношение общего объема пор в грунте к объему только грунтовых частиц)

$$e = \frac{\delta_s - \delta_d}{\delta_s}, \quad (1.10)$$

где δ_s – плотность частиц грунта;

δ_d – плотность сухого грунта.

Число пластичности

$$I_p = w_L - w_p, \quad (1.11)$$

где w_L – влажность на границе текучести, %;

w_p – влажность на границе раскатывания, %.

Показатель текучести

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}, \quad (1.12)$$

где w – природная влажность, %;

w_L – влажность на границе текучести, %;

w_p – влажность на границе раскатывания, %.

При обосновании параметров прибора стандартного уплотнения следует исходить из того, что полученные в нем плотности достаточно близки плотностям грунта в насыпях, проработавших не менее 20 лет. И, вместе с тем, они практически достижимы с помощью уплотняющих средств массой до 10...15 т.

Полученные величины оптимальных плотности и влажности грунта не являются наилучшими, так как, повышая при уплотнении число ударов или массу груза, можно получить более высокую оптимальную плотность, меньшую оптимальную влажность грунта и соответственно более прочную структуру (см. рис. 1.6).

В США Американская ассоциация дорожных работников (AASHO) предложила новый способ повышенного уплотнения грунтов. Он предусматривает массу уплотняющей гири 4,5 кг, высоту ее падения 45 см, уплотнение образца грунта в пять слоев 25 ударами гири на каждый слой. Этот метод теперь принят в США и ряде других стран как стандартный. Требования к плотности, установленные этим методом, выполнимы при условии использования машин для уплотнения повышенной массы и мощности и обеспечения оптимальной влажности грунта. В США для уплотнения грунтов применяют кулачковые катки массой до 100 т и на пневматических шинах массой до 300 т.

Практически каждому средству уплотнения соответствует некоторый предел затрат работы, после которого эффект уплотнения, если и повышается, то весьма незначительно (рис. 1.7).

Грунт земляного полотна, уплотненный до оптимальной плотности по методике СоюздорНИИ, обеспечивает отсутствие осадок насыпи и в то же время остается во время замерзания и последующего оттаивания грунта без существенных изменений. Следует иметь в виду, что в северных районах стабильное уплотнение грунта в верхнем промерзающем слое обычно не превышает 0,95...1,0 от оптимального уплотнения; по этой причине в северных районах нет необходимости производить усиленное уплотнение грунта. В то же время в южных районах усиленное уплотнение (1,05...1,1) позволит уменьшить расходы на строительство дорожной одежды.

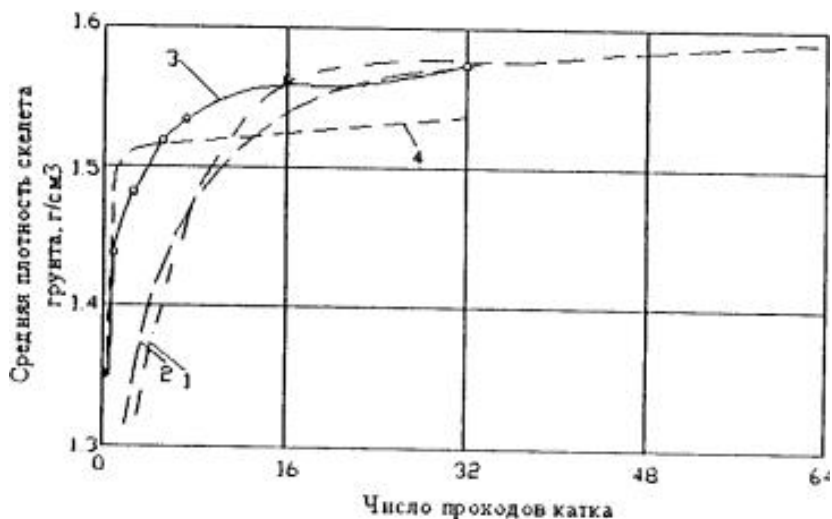


Рис. 1.7. Увеличение плотности грунта по мере роста работы, затраченной на уплотнение:
 1 – трамбовка (один удар соответствует пяти рабочим проходам катка массой 5 т);
 2 – кулачковый каток массой 5 т; 3 – гладкий каток массой 8 т;
 4 – каток на пневматических шинах массой 15 т

1.5. Требования к плотности грунта в теле насыпи

Распределение величин вертикальных давлений в теле земляного полотна по высоте насыпи показано на рис 1.8. В верхних слоях насыпи

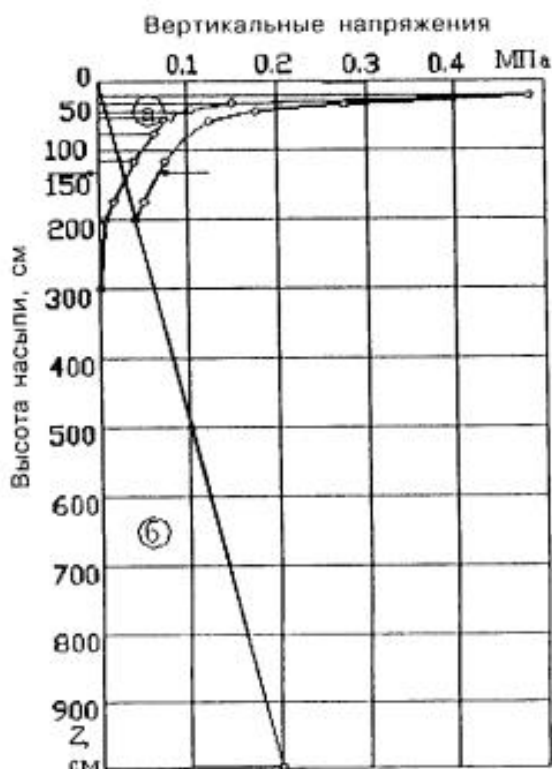


Рис. 1.8. Распределение вертикальных давлений в зоне земляного полотна:
 а – от временной нагрузки;
 б – от собственной массы

действует в основном давление от временной нагрузки, которое при отсутствии дорожной одежды составляет до 0,7 МПа, а при наличии дорожной одежды не превышает 0,2 МПа. В нижних слоях давление от временной нагрузки понижается и на глубине 1,0 м не превосходит 0,03...0,04 МПа, далее оно быстро затухает. Давление от собственной массы насыпи на глубине 1,0 м достигает 0,2 МПа, а при большей глубине оно превышает давление от временной нагрузки.

Давление от горизонтальных усилий, возникающих на колесах автомобилей при торможении, трогании с места и перемене скоростей, быстро затухает и на глубине 1,2...1,0 м в расчете его можно не учитывать. При этом, следует иметь

ввиду, что в верхней части земляного полотна давление действует не постоянно, а периодически при наличии временной нагрузки, тогда как в нижней части оно создается собственной массой, и поэтому действует постоянно.

При определении требуемой степени уплотнения грунта по высоте земляного полотна необходимо учитывать изменение влажности и температуры в течение года.

Отсюда следует, что требуемое уплотнение по высоте насыпи не должно быть обязательно одинаковым. Назначаемая плотность должна учитывать эксплуатационные условия, в которых фактически будет находиться грунт (рис. 1.9).

В верхних слоях земляного полотна на глубине 1,5...1,2 м имеют место наибольшие удельные давления от временной нагрузки, требующие максимально возможного уплотнения в целях повышения несущей способности грунта. Кроме того, нужно учитывать возможное изменение плотности грунта за счет сезонных колебаний влажности и промерзания.

В слоях ниже 1,5...1,2 м, где суммарное давление от временной нагрузки и собственной массы грунта невелико, а сезонные колебания влажности и промерзания имеются только на откосах насыпей, требования к уплотнению земляного полотна могут быть снижены.

В нижних слоях насыпи плотность грунта необходимо задавать из условия соответствия ее давлению от собственной массы насыпи.

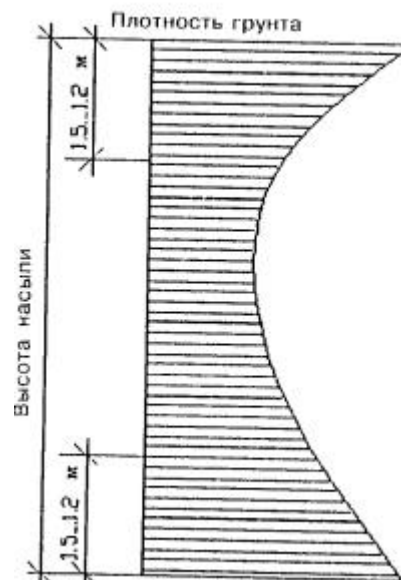


Рис. 1.9. Распределение требуемой плотности по высоте насыпи

1.6. Методы расчета надежности и прочности дорожной конструкции

Дорожная одежда представляет собой многослойное искусственное сооружение, ограниченное проезжей частью автомобильной дороги и состоящее из дорожного покрытия, слоев основания и подстилающего слоя, воспринимающего многократно повторяющиеся воздействия транспортных средств и погодно-климатических факторов, в результате чего обеспечивается передача транспортной нагрузки на верхнюю часть земляного полотна.

Классификация дорожных одежд и покрытий приведена в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Типы дорожных одежд	Виды покрытий, материал и способы его укладки Усовершенствованные покрытия
Капитальные	из горячих асфальтобетонных смесей
Облегченные	а) из горячих асфальтобетонных смесей б) из холодных асфальтобетонных смесей в) из органоминеральных смесей с жидкими органическими вяжущими, с жидкими органическими вяжущими совместно с минеральными; с вязкими, в том числе эмульгированными органическими вяжущими; с эмульгированными органическими вяжущими совместно с минеральными; из каменных материалов и грунтов, обработанных битумом по способу смешения на дороге или методами пропитки; из каменных материалов, обработанных органическими вяжущими методом пропитки; черного щебня, приготовленного в установке и уложенного по способу заклинки; из пористой и высокопористой асфальтобетонной смеси с поверхностной обработкой; из прочного щебня с двойной поверхностной обработкой
Переходные	из щебня прочных пород, устроенные по способу заклинки без применения вяжущих материалов; из фунтов и малопрочных каменных материалов, укрепленных вяжущими; булыжного и колотого камня (мостовые)
Низшие	из щебеночно-гравийно-песчаных смесей; малопрочных каменных материалов и шлаков; грунтов, укрепленных или улучшенных различными местными материалами; древесных материалов и др.

Капитальную и облегченную дорожную одежду с усовершенствованным покрытием проектируют с таким расчетом, чтобы за межремонтный срок не возникло разрушений и недопустимых с точки зрения предусмотренных действующими нормативными документами требований к ровности покрытия остаточных деформаций, а также, чтобы воздействие природных факторов не приводило к недопустимым изменениям в ее элементах.

Облегченную дорожную одежду с усовершенствованным покрытием, рассчитывают на менее продолжительный межремонтный срок службы, чем для капитальных одежд. Это позволяет применять менее долговечные и дорогостоящие материалы и облегчить конструкцию.

При проектировании дорожных одежд переходного типа, выравнивание которых не сопряжено со значительными затратами (щебеночные, гравийные и подобные им покрытия), допускают возможность более значительного накопления остаточных деформаций под действием движения.

Во всех случаях для оценки напряженного состояния конструкции используют решения теории упругости.

В районах с влажным и холодным климатом на участках с неблагоприятными грунтово-гидрологическими условиями должны быть преду-

смотрены меры по осушению и обеспечению морозоустойчивости дорожной одежды и земляного полотна.

Запроектированная дорожная одежда должна быть не только прочной и надежной в эксплуатации, но экономичной и возможно менее материалоемкой, особенно по расходу дефицитных материалов и энергии, а также должна соответствовать экологическим требованиям. Экономичность конструкции определяют по результатам сопоставления вариантов с оценкой сравнительной экономической эффективности капитальных вложений по действующим нормативным документам. Выбор конструкции дорожной одежды и тип покрытия обосновывают технико-экономическим анализом вариантов.

Расчетный (проектный) срок службы проектируемой дорожной одежды и требуемый уровень проектной надежности необходимо назначать на основе норм, принимаемых административными органами по согласованию с региональными дорожными организациями.

Нежесткая дорожная одежда – дорожная одежда со слоями, состоящими из асфальтобетонов, дегтебетонов, укрепленных вяжущими материалами и грунтов, а также шлаков и дискретных минеральных материалов.

Характерный участок – однотипный участок автомобильной дороги, в пределах которого не наблюдается существенных изменений конструкции дорожной одежды и земляного полотна, интенсивности и состава дорожного движения, состояния покрытия по видам дефектов.

Как отмечалось выше, дорожная конструкция представляет собой инженерное сооружение, состоящее из дорожной одежды и верхней части земляного полотна в пределах рабочего слоя. При этом работоспособность дорожной конструкции определяется надежностью дорожной одежды в течение всего периода времени от начала эксплуатации до момента проведения капитального ремонта. В свою очередь надежность дорожной одежды определяется вероятностью ее безотказной работы в пределах расчетного (нормативного) межремонтного срока службы.

Уровень надежности дорожной одежды это количественный показатель надежности, определяемый как отношение длины прочных (недеформированных) участков дороги к её общей длине.

Отказ дорожной конструкции – переход дорожной конструкции в предельное состояние. Предельное состояние дорожной конструкции это состояние, при котором дорожная конструкция перестаёт удовлетворять предъявляемым требованиям.

Работоспособность дорожной конструкции – свойство дорожной конструкции сохранять запас прочности на многократно повторяющееся воздействие автомобильных нагрузок в пределах расчетных, межремонтных сроков службы. Срок службы дорожной конструкции характеризуется периодом времени, в пределах которого происходит снижение её

прочности и надежности до расчетного уровня, предельно допустимого по условиям дорожного движения. Нормативный межремонтный период дорожной одежды устанавливается действующими нормами временного периода от момента строительства до капитального ремонта или между капитальными ремонтами.

Под воздействием движения и погодных-климатических факторов происходят необратимые изменения в дорожной одежде, и она постепенно переходит в предельное состояние. В процессе эксплуатации внезапного отказа автомобильной дороги не происходит. Это связано с тем, что прочностные показатели вдоль дороги неодинаковы из-за неоднородности физико-механических свойств используемых материалов в дорожной одежде и земляном полотне, поэтому образование различных деформаций и разрушений (дефектов) происходит в разное время, постепенно накапливаясь во времени (рис. 1.10).

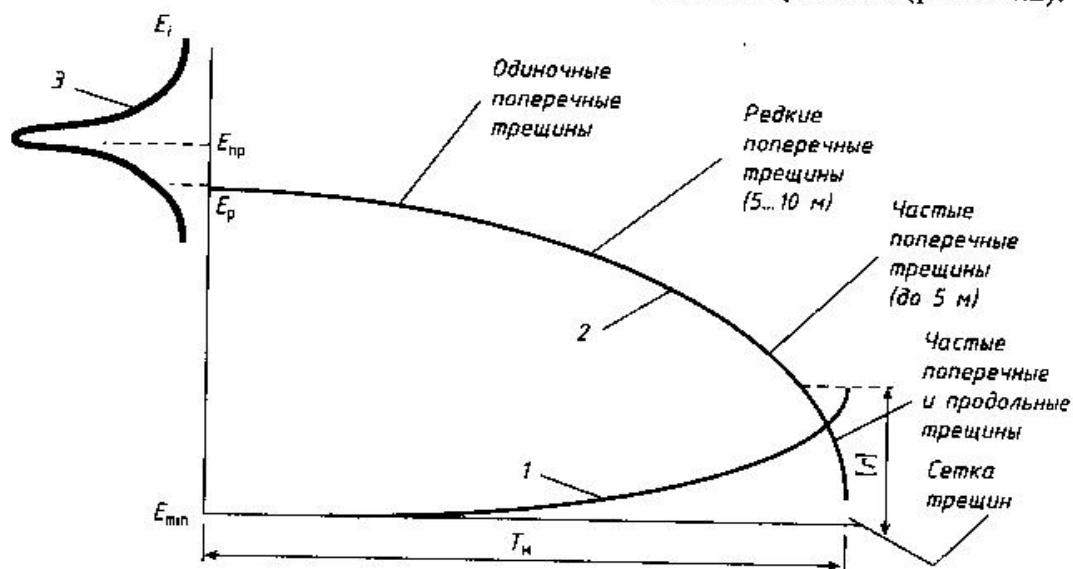


Рис. 1.10. Развитие различных дефектов на поверхности покрытия в период расчетного срока службы дорожной одежды T по мере снижения несущей способности дорожной конструкции:

- 1 – повышение вероятности разрушения покрытия (сетка трещин);
- 2 – закономерность снижения расчетных (требуемых) модулей упругости дорожной конструкции; 3 – распределение фактических модулей упругости дорожной конструкции на стадии ввода автомобильной дороги в эксплуатацию;
- $E_{пр}$ – проектный наиболее вероятный модуль упругости дорожной конструкции, МПа; $E_{мин}$ – предельно допускаемый модуль упругости в конце расчетного (межремонтного) срока службы дорожной одежды, МПа; $E_p = E_{тр}$ – расчетные (требуемые) модули упругости дорожной одежды и земляного полотна, МПа;
- $[r]$ – допустимая вероятность повреждения покрытия, соответствующая расчетной надежности дорожной одежды.

Степень деформирования или вероятность повреждения покрытия дорожной одежды r оценивается отношением протяженности деформи-

рованных участков покрытия l_d к общей протяженности L рассматриваемого участка автомобильной дороги:

$$r = \frac{l_d}{L}. \quad (1.13)$$

С учетом этого допустимую степень деформирования покрытия определяют в зависимости от коэффициента надежности дорожной одежды K_n

$$[r] = 1 - K_n. \quad (1.14)$$

Коэффициент надежности дорожной одежды K_n находится путем приведения выражения (1.14) к следующему виду

$$K_n = 1 - [r]. \quad (1.15)$$

Дорожная одежда автомобильных дорог работает в сложных условиях, подвергаясь постоянному воздействию различных нагрузок от колес автомобиля, природных факторов, особенно в осенний период, поэтому она рассчитывается с учетом состава и интенсивности перспективного движения. Перспективное движение считается на срок службы до капитального ремонта: для капитальных покрытий – 15 лет, для облегченных – 10 лет, переходных – 8 лет.

Давление колес автомобиля на дорожную одежду является основной нагрузкой, из которой исходят при расчете дорожных одежд.

Дорожная одежда современных автомобильных дорог должна быть запроектирована на определенную расчетную нагрузку, которую должны выдерживать дорога и искусственные сооружения при движении по ним транспортных средств.

Расчет нежестких дорожных одежд осуществляют по трем критериям: допускаемому упругому прогибу, сдвигу в подстилающем грунте и слабосвязных материалах конструктивных слоев, а также прочности слоев из монолитных материалов на растяжение при изгибе.

Прочность (несущая способность) дорожной конструкции – свойство, характеризующее способность дорожной конструкции воспринимать воздействие движущихся транспортных средств и погодно-климатических факторов, она является одним из важнейших транспортно-эксплуатационных показателей, влияющих на технический уровень и эксплуатационное состояние автомобильной дороги.

Под прочностью дорожной одежды понимают способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчетной нагрузки (кратковременной, многократной или длительно действующей однократной), приложенной к поверхности покрытия.

Методика оценки прочности конструкции включает как оценку прочности конструкции в целом (с использованием эмпирической зависимости допускаемого упругого прогиба от числа приложений нагрузки), так и оценку прочности с учетом напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях и устанавливаемых с использованием решений теории упругости.

Дорожную одежду следует проектировать с требуемым уровнем надежности, под которой понимают вероятность безотказной работы в течение межремонтного периода. Отказ конструкции по прочности физически может характеризоваться образованием продольной и поперечной неровности поверхности дорожной одежды, связанной с прочностью конструкции (поперечные неровности, колея, усталостные трещины), с последующим развитием других видов деформаций и разрушений (частые трещины, сетка трещин, выбоины, просадки, проломы и т.д.). Номенклатура дефектов и методика количественной оценки их определяется специальными нормами, используемыми при эксплуатации дорог.

В качестве количественного показателя отказа дорожной одежды как элемента инженерного сооружения линейного характера используют предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$, представляющий собой отношение суммарной протяженности (или суммарной площади) участков дороги, требующих ремонта из-за недостаточной прочности дорожной одежды, к общей протяженности (или общей площади) дороги между корреспондирующими пунктами. Значения $K_p^{пр}$ на последний год службы в зависимости от капитальности дорожной одежды и категории дороги следует принимать в соответствии с табл. 1.5.

Т а б л и ц а 1.5

Требуемые минимальные коэффициенты прочности при заданных уровнях надежности для расчета дорожных одежд по различным критериям прочности

Тип дорожной одежды	Капитальный				
	Категория дороги	I	II	III	IV
Предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$		0,05		0,1	
Заданная надежность K_n		0,98, 0,95, 0,98	0,95, 0,98, 0,95	0,90, 0,95, 0,90	0,85, 0,8
Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию:	– упругого прогиба – сдвига и растяжения при изгибе	1,50; 1,30; 1,38 1,10; 1,00; 1,10	1,20; 1,29; 1,17 1,0; 1,10; 1,00	1,10; 1,17; 1,17 0,94; 1,00; 0,94	1,06; 1,02 0,87; 0,90;

Продолжение табл. 1.5

Тип дорожной одежды	Облегченный			
	Категория дороги	III	IV	V
Предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$		0,15		
Заданная надежность K_H		0,98; 0,95; 0,90; 0,95	0,90; 0,85; 0,80; 0,95	0,90; 0,80; 0,70
Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию:	– упругого прогиба	1,29; 1,17; 1,10	1,17; 1,10; 1,06; 1,02	1,13; 1,06; 0,98; 0,90
	– сдвига и растяжения при изгибе	1,10; 1,00; 0,94	1,00; 0,94; 0,90; 0,87	1,00; 0,94; 0,87; 0,80

Продолжение табл. 1.5

Тип дорожной одежды	Переходной		
	Категория дороги	IV	V
Предельный коэффициент разрушения $K_p^{пр}$		0,4	
Заданная надежность K_H		0,98; 0,90; 0,85; 0,80	0,95; 0,90; 0,80; 0,70
Требуемый коэффициент прочности $K_{пр}^{тр}$ по критерию:	– упругого прогиба	1,17; 1,10; 1,06; 1,02	1,13; 1,06; 0,98; 0,90
	– сдвига и растяжения при изгибе	1,00; 0,94; 0,90; 0,87	1,00; 0,94; 0,87; 0,80

Прочность конструкции количественно оценивается величиной коэффициента прочности. При оценке прочности конструкции в целом по допускаемому упругому прогибу коэффициент прочности в общем виде определяют по формуле

$$K_{пр} = l_{доп} / l = E_{об}^{тр} / E_{об}, \quad (1.16)$$

где $l_{доп}$ – допустимый общий прогиб конструкции под расчетной нагрузкой;

l – расчетный общий прогиб конструкции под расчетной нагрузкой;

$E_{об}^{тр}$ – требуемый общий модуль упругости конструкции, определяемый при расчетной нагрузке;

$E_{об}$ – расчетный общий модуль упругости конструкции, определяемый при расчетной нагрузке.

При оценке прочности конструкции по слоям по допускаемым напряжениям коэффициент прочности определяют по формуле

$$K_{\text{пр}} = \sigma_{\text{доп}} / \sigma_{\text{расч}}, \quad (1.17)$$

$\sigma_{\text{расч}}$ – расчетные действующие напряжения (нормальные или касательные) от расчетной нагрузки;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустимые напряжения (нормальные или касательные) от расчетной нагрузки;

Коэффициент прочности вновь проектируемой конструкции должен быть таким, чтобы в заданный межремонтный период не наступил отказ по прочности с вероятностью более заданной, т.е. чтобы была обеспечена заданная (требуемая) надежность.

Для обеспечения заданной надежности (обеспеченности по прочности) коэффициент прочности проектируемой конструкции по каждому из расчетных критериев не должен быть ниже минимального требуемого значения, определяемого по табл. 1.5.

В задачу расчета входит определение толщин слоев одежды в вариантах, намеченных при конструировании, или выбор материалов с соответствующими деформационными и прочностными характеристиками при заданных толщинах слоев.

Отказ дорожной одежды, связанный с недостаточной ее прочностью может возникнуть в результате:

– накопления до истечения заданного срока службы конструкции под воздействием касательных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от транспортной нагрузки, недопустимых остаточных деформаций с потерей ровности поверхности покрытия и соответствующим снижением скорости движения;

– усталостных разрушений монолитных слоев конструкции под воздействием растягивающих напряжений от многократного приложения транспортной нагрузки с последующей интенсивной потерей дорожной одеждой транспортно-эксплуатационных свойств до истечения заданного срока службы.

В соответствии с этим расчет на прочность в слоях выполняют по допускаемым напряжениям на сдвиг в слоях с пониженной сопротивляемостью сдвигу и на растяжение при изгибе в монолитных слоях.

Расчет прочности конструкции в целом, без рассмотрения механизма нарушения прочности, ведут по допустимому упругому прогибу (или требуемому общему модулю упругости).

Дорожные одежды на перегонах дорог рассчитывают на кратковременное многократное действие подвижных нагрузок. Принимаемые значения параметров прочностных и деформативных характеристик

материалов и грунта в этом случае должны соответствовать указанному характеру приложения нагрузки.

Одежды на остановках, перекрестках дорог, на подходах к пересечениям с железнодорожными путями и т.п. должны быть дополнительно проверены на однократное нагружение при продолжительности нагружения не менее 10 мин.

Одежды на стоянках автомобилей и обочинах дорог следует рассчитывать на продолжительное нагружение (более 10 мин). Расчет ведется на единичное нагружение, его ведут по критериям сдвига в грунте, слабосвязанных материалов, а также в слоях, обработанных органическим вяжущим.

При расчете конструкций со слоями из битумоминеральных материалов учитывают влияние на их свойства температуры. При расчете слоев асфальтобетонного покрытия на растяжение при изгибе его характеристики должны соответствовать низким весенним температурам. При расчете слоев из слабосвязных материалов, а также грунта на сопротивление сдвигу модуль упругости асфальтобетонного покрытия должен соответствовать весенним повышенным температурам.

Для основных случаев проектирования значения требуемого коэффициента прочности для различных критериев расчета допускается принимать в зависимости от заданного уровня надежности, типа дорожной одежды и категории дороги по табл. 1.5.

Расчетные значения прочностных характеристик (сдвиговые характеристики и прочность на растяжение при изгибе) конструктивных слоев определяют через нормативные значения этих характеристик, используя зависимость:

$$M_p = \bar{M}_p (1 - \nu_t t), \quad (1.18)$$

где M_p – расчетное значение прочностной характеристики;

\bar{M}_p – нормативное значение этой характеристики;

t – коэффициент нормированного отклонения M_p при допустимом уровне надежности;

ν_t – коэффициент вариации характеристики.

В качестве расчетных значений деформационных характеристик (модулей упругости) конструктивных слоев допускается принимать их нормативные значения.

За расчетные значения прочностных (сдвиговых) и деформационных (модули упругости) характеристик грунта рабочего слоя допускается принимать их нормативные значения, отвечающие расчетному значению относительной влажности грунта.

Последовательность расчета. Расчет дорожной одежды по критерию упругого прогиба на основе зависимости требуемого общего модуля упругости конструкции от суммарного числа приложений нагрузки.

В результате этого расчета назначаются толщины конструктивных слоев и их модули упругости таким образом, чтобы общий модуль упругости дорожной одежды был не менее требуемого с учетом соответствующего коэффициента прочности (табл. 1.5).

Расчет дорожной одежды, отвечающей критерию упругого прогиба, с учетом механизма нарушения прочности в ее отдельных конструктивных слоях по двум независимым критериям:

– критерию соответствия сдвигоустойчивости материалов конструктивных слоев и грунта возникающим в них касательным напряжениям, отражающему условие ограничения накопления сдвиговых остаточных деформаций (формоизменения) под воздействием многократных кратковременных нагрузок;

– по критерию соответствия сопротивления материалов монолитных конструктивных слоев возникающим в них растягивающим напряжениям от подвижной многократной нагрузки, отражающему сопротивление этих слоев усталостным процессам, обуславливающим развитие микротрещин в монолитных слоях, потерю их сплошности и снижение распределяющей способности.

Коэффициенты прочности по этим критериям должны быть не менее значений, указанных в табл. 1.5.

При недостаточной величине коэффициента прочности по любому критерию конструкцию уточняют.

Дорожные одежды переходного и низшего типов рассчитывают по упругому прогибу и по сдвигоустойчивости.

Конструкции, предназначенные для движения особо тяжелых транспортных средств (со статической нагрузкой на ось 120 кН и более), по упругому прогибу не рассчитывают.

Расчет напряжений и деформаций. Напряжения в конструктивных слоях и в подстилающем грунте от воздействия транспортной нагрузки вычисляют по формулам теории упругости для слоистой среды, нагруженной равномерно распределенной нагрузкой через гибкий круглый штамп, с учетом условий на контакте слоев.

При этом используют приближенные методы, основанные на упрощенных расчетных схемах и построенных на их основе номограммах.

Упрощенная расчетная схема выбирается в зависимости от рассматриваемого расчетного критерия.

При выполнении расчетов реальные многослойные дорожные конструкции приводят к одно- или двухслойным.

Главные напряжения от собственного веса конструкции определяют, исходя из гидростатической схемы, по формуле:

$$s_{св} = q_{ср} \cdot z_{оп}, \quad (1.19)$$

где $q_{ср}$ – средневзвешенный удельный вес конструкции, расположенной над расчетной точкой;

$z_{оп}$ – расстояние от поверхности покрытия до расчетной точки.

Для использования при оценке характеристик напряженно-деформированного состояния конструкции дорожной одежды номограмм многослойные конструкции приводят к одно- и двухслойным расчетным схемам.

Расчетные параметры подвижной нагрузки. В качестве расчетной схемы нагружения конструкции колесом автомобиля принимается гибкий круговой штамп диаметром D , передающий равномерно распределенную нагрузку величиной p .

Величины расчетного удельного давления колеса покрытия p и расчетного диаметра D приведенного к кругу отпечатка расчетного колеса на поверхности покрытия назначают с учетом параметров расчетных типов автомобилей.

В качестве расчетного типа используют наиболее тяжелый автомобиль из систематически обращающихся по дороге, доля которых составляет не менее 10 % (с учетом перспективы изменения состава движения к концу межремонтного срока).

Приведение различных типов автомобилей к расчетному типу и приведение расчетного типа к расчетной схеме нормативного нагружения выглядит следующим образом.

Величину p принимают равной давлению воздуха в шинах. Диаметр расчетного отпечатка шины D определяют из зависимости:

$$D = \sqrt{\frac{40Q_{расч}}{\pi p}}, \quad (1.20)$$

где $Q_{расч}$ – расчетная величина нагрузки, передаваемой колесом на поверхность покрытия, кН;

p – давление, МПа.

Учет характера действующей нагрузки (кратковременное многократное нагружение, статическое нагружение) осуществляется через принятие соответствующих расчетных значений расчетных характеристик конструктивных слоев, а также через введение коэффициента динамичности при назначении величины нагрузки.

В зависимости от вида расчета конструкции используют различные характеристики, отражающие интенсивность воздействия на нее подвижной нагрузки:

N – перспективную (на конец срока службы) общую среднесуточную интенсивность движения;

N_p – приведенное к расчетной нагрузке среднесуточное (на конец срока службы) число проездов всех колес, расположенных по одному борту расчетного автомобиля, в пределах одной полосы проезжей части (приведенная интенсивность воздействия нагрузки);

SN_p – суммарное расчетное число приложения приведенной расчетной нагрузки к расчетной точке на поверхности конструкции за срок службы.

Перспективную общую среднесуточную интенсивность устанавливают по данным анализа закономерностей изменения объема перевозок и интенсивности движения при проведении титульных экономических обследований.

Величина N_p приведенной интенсивности на последний год срока службы определяют по формуле

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^n N_m S_{m \text{ сум}}, \text{ ед/сут}, \quad (1.21)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяемый по табл. 1.6;

n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока;

N_m – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств m -й марки;

$S_{m \text{ сум}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$.

Т а б л и ц а 1.6

Число полос движения	Значение коэффициента $f_{\text{пол}}$ для полосы с номером от обочины		
	1	2	3
1	1,00	-	-
2	0,55	-	-
3	0,50	0,50	-
4	0,35	0,20	-
6	0,30	0,20	0,05

Пр и м е ч а н и я : 1. Порядковый номер полосы считается справа по ходу движения в одном направлении.

2. Для расчета обочин принимают $f_{\text{пол}} = 0,01$.

3. На многополосных дорогах допускается проектировать одежду переменной толщины по ширине проезжей части, рассчитав дорожную одежду в пределах различных полос в соответствии со значениями N_p , найденными по формуле (1.21).

1. Суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы определяют по формуле

$$\sum N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^n (N_{1m} K_c T_{\text{рдг}} 0,7) S_{\text{м сум}} k_n, \quad (1.22)$$

или

$$\sum N_p = 0,7 N_p \frac{K_c}{q^{(T_{\text{сл}}-1)}} T_{\text{рдг}} k_n, \quad (1.23)$$

где n – число марок автомобилей;

N_{1m} – суточная интенсивность движения автомобилей m -й марки в первый год службы (в обоих направлениях), авт/сут;

N_p – приведенная интенсивность на последний год срока службы, авт/сут;

$T_{\text{рдг}}$ – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции;

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого (табл. 1.7);

K_c – коэффициент суммирования определяют по формуле:

$$K_c = \frac{q^{(T_{\text{сл}}-1)}}{q-1}, \quad (1.24)$$

где $T_{\text{сл}}$ – расчетный срок службы;

q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам.

На перекрестках и подходах к ним (в местах перестройки потока автомобилей для выполнения левых поворотов и др.) при расчете дорожной одежды в пределах всех полос движения следует принимать $f_{\text{пол}} = 0,50$, если общее число полос проезжей части проектируемой дороги более трех.

Т а б л и ц а 1.7

Тип дорожной одежды	Значение коэффициента k_n при различных категориях дорог				
	I	II	III	IV	V
Капитальный	1,49	1,49	1,38	1,31	-
Облегченный	-	1,47	1,32	1,26	1,06
Переходный	-	-	1,19	1,16	1,04

Расчет конструкции в целом по допускаемому упругому прогибу. Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{\text{об}} > E_{\text{мин}} K_{\text{пр}}^{\text{тр}}, \quad (1.25)$$

где $E_{\text{об}}$ – общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа;

E_{\min} – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа;

$K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности.

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции вычисляют по эмпирической формуле

$$E_{\min} = 98,65 \left[lq(SN_p - c) \right], \text{ МПа}, \quad (1.26)$$

где SN_p – суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды;

c – эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 100 кН – 3,55; 110 кН – 3,25; 130 кН – 3,05.

Формулой следует пользоваться при $SN_p > 4 \times 10^4$.

Для дорог в V дорожно-климатической зоне требуемые модули, определенные по формуле (1.26), следует уменьшить на 15 %.

Независимо от результата, полученного по формуле (1.26), требуемый модуль упругости должен быть не менее, указанного в табл. 1.8.

Т а б л и ц а 1.8

Категория дороги	Суммарное минимальное расчетное число приложений расчетной нагрузки на наиболее нагруженную полосу	Требуемый модуль упругости одежды, МПа		
		капитальной	облегченной	переходной
I	750000	230	-	-
II	500000	220	210	-
III	375000	200	200	-
IV	110000	-	150	100
V	40000	-	100	50

Общий расчетный модуль упругости конструкции определяют с помощью номограммы рис. 1.11, построенной по решению теории упругости для модели многослойной среды.

Приведение многослойной конструкции к эквивалентной однослойной ведут послойно, начиная с подстилающего грунта.

Расчет по допустимому упругому прогибу (по требуемому модулю деформации) ведут в следующей последовательности:

1. Определяют требуемый минимальный общий модуль конструкции по формуле (1.26).

2. Назначают модули и предварительно толщины слоев конструкции (кроме толщины основания).

3. Выполняя расчет конструкции сверху вниз, определяют с помощью номограммы рис. 1.11, требуемые модули на поверхности каждого конструктивного слоя.

4. Выполняя расчет конструкции снизу вверх, определяют толщину основания (при заданном его модуле), обеспечивающую необходимый модуль на поверхности основания, полученный при расчете сверху.

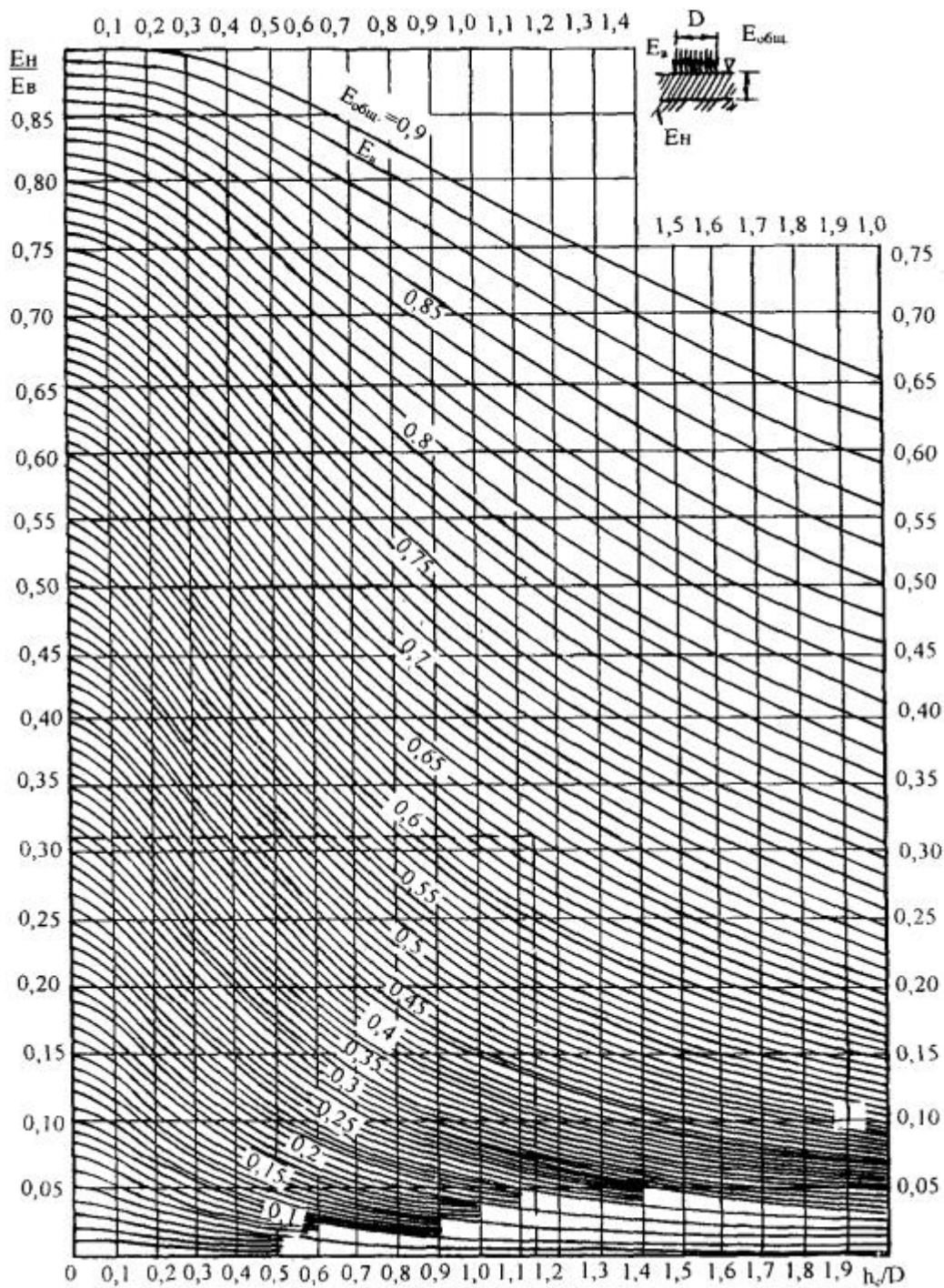


Рис. 1.11. Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы $E_{общ}$

Расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев. Дорожную одежду проектируют из расчета, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте или малосвязных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации формоизменения. Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязных (песчаных) слоях обеспечено условие:

$$T \leq \frac{T_{\text{пр}}}{K_{\text{пр}}^{\text{тр}}}, \quad (1.27)$$

где $K_{\text{пр}}^{\text{тр}}$ – требуемое минимальное значение коэффициента прочности, определяемое с учетом заданного уровня надежности (см. табл. 1.5);

T – расчетное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки;

$T_{\text{пр}}$ – предельная величина активного напряжения сдвига (в той же точке), превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг.

При практических расчетах многослойную дорожную конструкцию приводят к двухслойной расчетной модели.

При расчете дорожной конструкции на прочность по сдвигоустойчивости грунта земляного полотна в качестве нижнего принимают грунт (с его характеристиками), а в качестве верхнего – всю дорожную одежду. Толщину верхнего слоя $h_{\text{в}}$ принимают равной сумме толщин слоев одеж-

$$\text{ды} \left(\sum_{i=1}^n h_i \right).$$

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле

$$E_{\text{в}} = \left(\sum_{i=1}^n E_i h_i \right), \quad (1.28)$$

где n – число слоев дорожной одежды;

E_i – модуль упругости i -го слоя;

h_i – толщина i -го слоя.

При расчете по условию сдвигоустойчивости в песчаном слое основания с помощью номограммы рис. 1.12 нижнему слою двухслойной модели условно присваивают обычные характеристики песчаного слоя ($c_{\text{п}}, j_{\text{п}}$), а модуль упругости принимают, равным общему модулю на поверхности песчаного слоя; толщину верхнего слоя модели принимают равной общей

толщине слоев, лежащих над песчаным, а модуль упругости E_b вычисляют как средневзвешенное значение для этих слоев по формуле (1.28).

При расчете дорожных одежд по условию сдвигоустойчивости значения модулей упругости материалов, содержащих органическое вяжущее, принимают соответствующими температурам, указанным в табл. 1.9.

Т а б л и ц а 1.9

Дорожно-климатические зоны	I-II	III	IV	V
Расчетная температура, °С	+20	+30	+40	+50

Действующие в грунте или в песчаном слое активные напряжения сдвига (T) вычисляют по формуле

$$T = \sum_{i=1}^n h_i \cdot p, \quad (1.29)$$

где $\sum_{i=1}^n h_i$ – удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограмм (рис. 1.12 и 1.13);
 p – расчетное давление от колеса на покрытие.

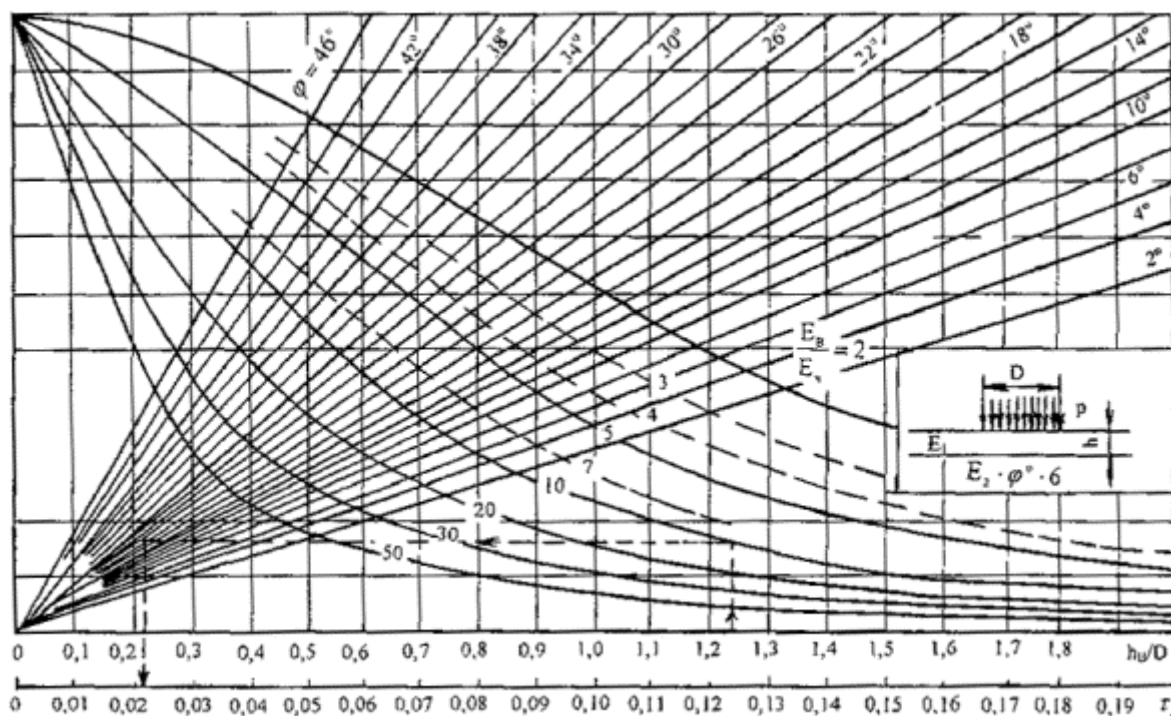


Рис. 1.12. Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при $h_b/D = 0,2,0$)

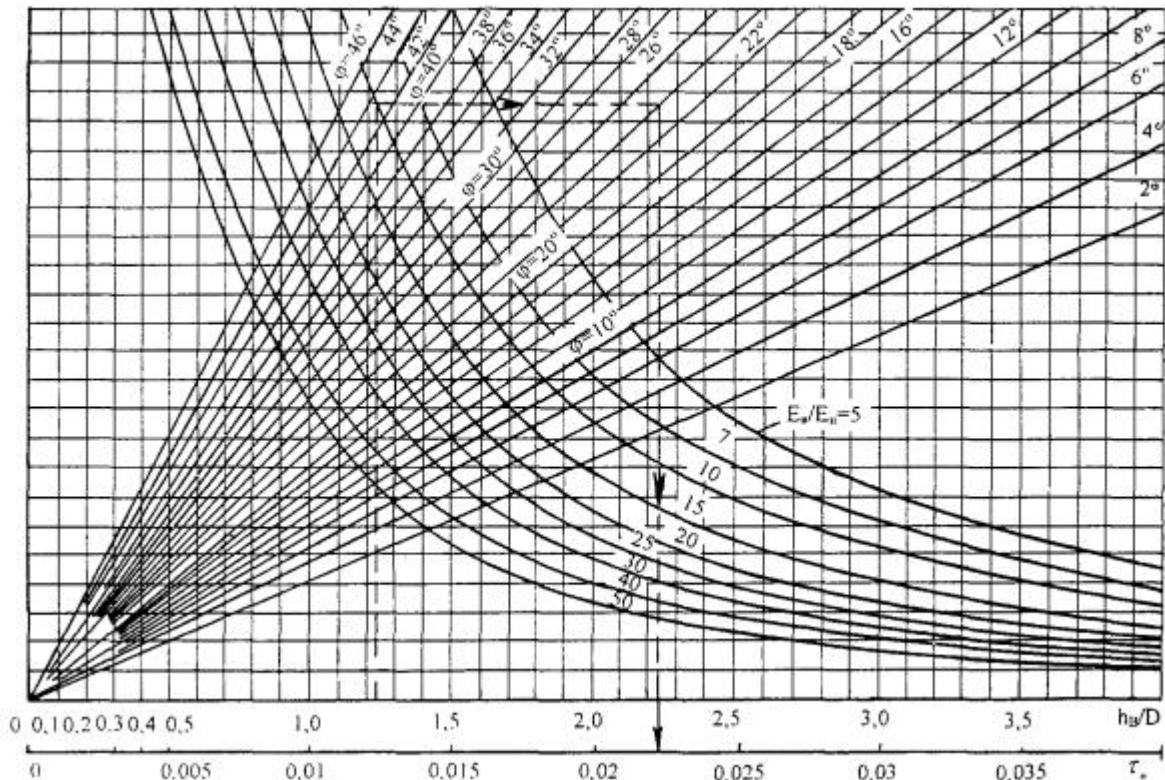


Рис. 1.13 Номограмма для определения активного напряжения сдвига от временной нагрузки в нижнем слое двухслойной системы (при $h_b/D = 0,4,0$)

Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр}$ в грунте рабочего слоя (или в песчаном материале промежуточного слоя) определяют по формуле:

$$T_{пр} = c_N k_d + 0,1 q_{ср} z_{оп} t q_{ст}, \quad (1.30)$$

где c_N – сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), МПа, принимаемое с учетом повторности нагрузки;

k_d – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания. При устройстве нижнего слоя из укрепленных материалов, а также при укладке на границе «основание – песчаный слой» разделяющей геотекстильной прослойки, следует принимать значения k_d равным:

- 4,5 – при использовании в песчаном слое крупного песка;
- 4,0 – при использовании в песчаном слое песка средней крупности;
- 3,0 – при использовании в песчаном слое мелкого песка;
- 1,0 – во всех остальных случаях.

$z_{оп}$ – глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции, см;

$q_{ср}$ – средневзвешенный удельный вес конструктивных слоев, расположенных выше проверяемого слоя, кг/см³;

$j_{ст}$ – расчетная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки.

Во всех случаях в качестве расчетных значений угла внутреннего трения грунта и малосвязных слоев используют его значения, отвечающие расчетному суммарному числу воздействия нагрузки за межремонтный срок SN_p . Эту величину устанавливают по формуле (1.23).

Входящую в формулу (1.23) величину расчетных дней в году, соответствующих расчетному состоянию прочности и деформируемости конструкции $T_{рдг}$ определяют по специальным региональным справочным данным.

Расчет дорожной одежды по сопротивлению сдвигу в грунте земляного полотна, а также в песчаных материалах промежуточных слоев дорожных одежд ведут в следующей последовательности:

а) по нормативным значениям назначают расчетные модули упругости для слоев из асфальтобетона, соответствующие максимально возможным температурам в ранний весенний (расчетный) период; назначают (с учетом расчетной влажности и общего числа воздействия нагрузки) расчетные прочностные характеристики j и c грунта земляного полотна и песка промежуточного слоя одежды (если таковой имеется). Остальные расчетные характеристики грунта и материалов остаются теми же, что и в расчете по упругому прогибу;

б) по рис. 1.22 или 1.13 определяют активные напряжения сдвига $\bar{\tau}_н$ от единичной временной нагрузки. Для этого приводят многослойную конструкцию к двухслойным моделям;

в) по формуле (1.29) вычисляют расчетное напряжение сдвига в грунте земляного полотна или в песчаном слое одежды;

г) по формуле (1.30) вычисляют предельное напряжение сдвига;

д) по формуле (1.27) проверяют выполнение условия прочности (с учетом требуемой надежности);

е) при необходимости, изменяя толщины конструктивных слоев, подбирают конструкцию, удовлетворяющую условию (1.27).

Расчет конструкции на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе. В монолитных слоях дорожной одежды (из асфальтобетона, дегтебетона, материалов и грунтов, укрепленных комплексными и неорганическими вяжущими и др.), возникающие при прогибе одежды напряжения под действием повторных кратковременных нагрузок, не должны в течение заданного срока службы приводить к образованию трещин от усталостного разрушения. Для этого должно быть обеспечено условие:

$$s_r < \frac{R_n}{K_{пр}^{тр}}, \quad (1.30)$$

где s_r – наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчетом;

R_n – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений;

$K_{пр}^{тр}$ – требуемый коэффициент прочности с учетом заданного уровня надежности (табл. 1.5).

Наибольшее растягивающее напряжение s_r при изгибе в монолитном слое определяют с помощью номограммы (рис. 1.14), приводя реальную конструкцию к двухслойной модели.

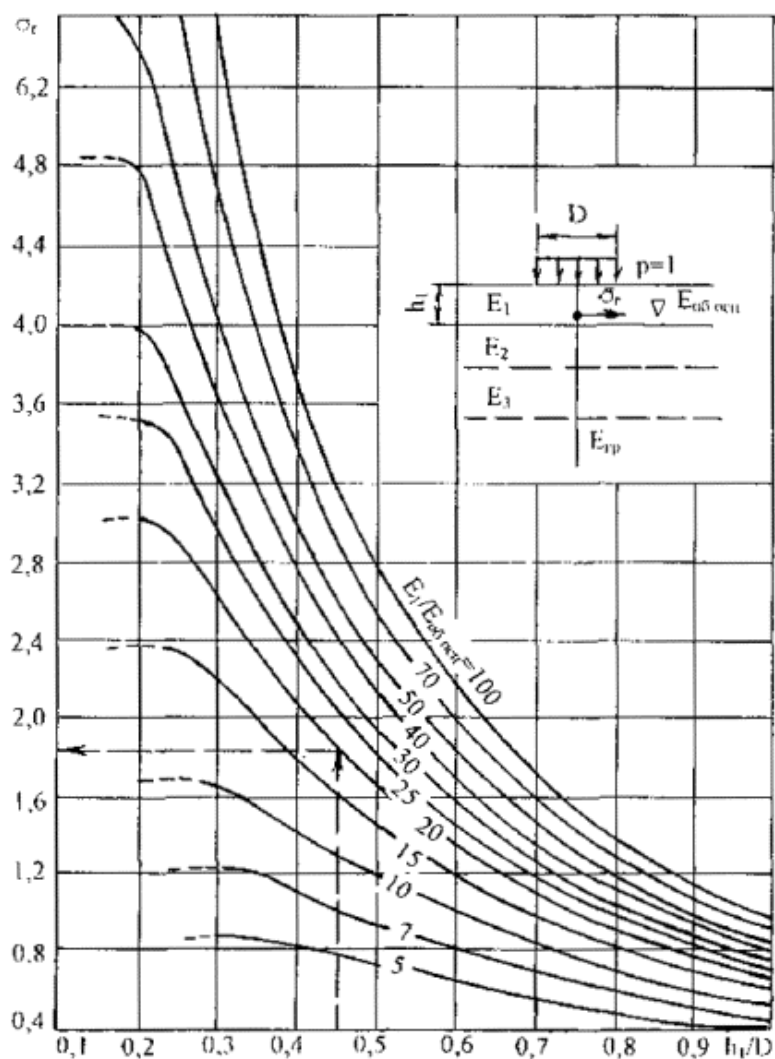


Рис. 1.14. Номограмма для определения растягивающего напряжения s_r при изгибе в верхнем монолитном слое двухслойной системы

К верхнему слою модели относят все асфальтобетонные слои, включая рассчитываемый слой. Толщину верхнего слоя модели h_b принимают равной сумме толщин, входящих в пакет асфальтобетонных слоев (Sh_i).

Значение модуля упругости верхнего слоя модели устанавливают как средневзвешенное для всего пакета асфальтобетонных слоев по формуле (1.28).

Нижним (полубесконечным) слоем модели служит часть конструкции, расположенная ниже пакета асфальтобетонных слоев, включая грунт рабочего слоя земляного полотна.

Модуль упругости нижнего слоя модели определяют путем приведения слоистой системы к эквивалентной по жесткости с помощью номограммы (рис. 1.11).

При использовании номограммы (см. рис. 1.14) расчетное растягивающее напряжение определяют по формуле

$$s_r = \bar{\sigma}_r \cdot p \cdot k_b, \quad (1.31)$$

где s_r – растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчетных диаметрах площадки, передающей нагрузку, определяемое по номограмме (см. рис. 1.14);

k_b – коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном, принимают равным 0,85 (при расчете на однобаллонное колесо $k_b = 1,00$);

p – расчетное давление, принимаемое по нормативным требованиям.

Порядок использования показан на рис. 1.14 стрелками.

Прочность материала монолитного слоя при многократном растяжении при изгибе определяют по формуле

$$R_N = R_0 k_1 k_2 (1 - \nu_R t), \quad (1.32)$$

где R_0 – нормативное значение предельного сопротивления растяжению (прочность) при изгибе при расчетной низкой весенней температуре при однократном приложении нагрузки, принимаемое по нормативным данным;

k_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки;

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов (табл. 1.10);

ν_R – коэффициент вариации прочности на растяжение;

t – коэффициент нормативного отклонения.

Т а б л и ц а 1.10

Материал расчетного слоя		k_2
Асфальтобетон		
1	Высокоплотный	1,0
2	Плотный	
	I марки	0,95
	II марки	0,90
	III марки	0,80
3	Пористый и высокопористый	0,80
4	Органоминеральные смеси	0,80

Коэффициент k_1 , отражающий влияние на прочность усталостных процессов, вычисляют по выражению:

$$k_1 = \frac{\alpha}{m \sqrt{\sum N_p}}, \quad (1.33)$$

где $\sum N_p$ – расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия, определяемое по формуле (1.22) или (1.23) с учетом числа расчетных суток за срок службы;

m – показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя;

α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчетной (низкой) температуры покрытия и расчетного состояния грунта рабочего слоя по влажности.

Расчеты на усталостную прочность выполняют в следующем порядке:

а) приводят конструкцию к двухслойной модели и определяют отношения $\frac{h_e}{D}$, $\frac{E_e}{E_{пр}}$;

б) по полученным параметрам по номограмме (рис. 1.14) находят значение $\bar{\sigma}_r$ и по формуле (1.31) вычисляют расчетное растягивающее напряжение;

в) вычисляют предельное растягивающее напряжение по формуле (1.32). В пакете асфальтобетонных слоев за предельное растягивающее напряжение RN принимают значение, отвечающее материалу нижнего слоя асфальтобетонного пакета;

г) проверяют условие (1.30) и при необходимости корректируют конструкцию.

В районах сезонного промерзания грунтов земляного полотна при неблагоприятных грунтовых и гидрологических условиях, наряду с требуемой прочностью и устойчивостью должна быть обеспечена достаточная морозостойкость дорожных одежд.

В дорожных одеждах со слоями из зернистых материалов на участках с земляным полотном и слабофильтрующими грунтами (пылеватые пески, непывеватые пески с коэффициентом фильтрации менее 0,5 м/сут, глинистые грунты) необходимо применение устройств по осушению дорожных одежд и земляного полотна (дренажных конструкций – дренирующего слоя и водоотводящих устройств).

Контрольные вопросы

1. Какие элементы включают земляное полотно и дорожная одежда?
2. Как располагаются грунты в теле насыпи?
3. Раскройте содержание теоретических предпосылок основ уплотнения земляного полотна.
4. Рассмотрите содержание основных методов определения оптимальной плотности и влажности грунта.
5. Раскройте содержание понятия стабильности земляного полотна автомобильных дорог.
6. Рассмотрите взаимосвязь устойчивости и плотности грунта.
7. По каким критериям осуществляют расчет нежестких дорожных одежд?
8. По какой теории вычисляют напряжения в конструктивных слоях и в подстилающем грунте от воздействия транспортной нагрузки?
9. Какой штамп принимается в качестве расчетной схемы нагружения конструкции дорожной конструкции колесом автомобиля, передающий на нее равномерно распределенную нагрузку?
10. Изложите последовательность расчета конструкции в целом по допускаемому упругому прогибу.
11. Изложите основное содержание расчета по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев дорожной одежды.
12. Изложите основное содержание расчета конструкции на сопротивление монолитных слоев дорожной одежды усталостному разрушению от растяжения при изгибе.

2. МЕТОДЫ СТАБИЛИЗАЦИИ И УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

2.1. Технология стабилизации грунтов в дорожном строительстве

Стабилизация грунтов представляет собой технологический процесс обработки глинистых грунтов стабилизаторами, в результате чего обеспечивается улучшение их водно-физических свойств. Стабилизация грунтов осуществляется при производстве работ, как на дороге, так и в смесительных установках с их последующим уплотнением при оптимальной влажности.

В качестве стабилизаторов используются многокомпонентные системы, содержащие в своем составе вещества (поверхностно активные вещества, наночастицы, вяжущие), обладающие свойствами гидрофобизаторов, суперпластификаторов, полимеров и структурообразователей и применяемые в дорожном строительстве для обработки грунтов с целью изменения их водно-физических и физико-механических свойств.

Структурированные стабилизаторы применяются не только для изменения водно-физических, но и структурных свойств глинистых грунтов.

Структура грунта представляет собой пространственную организацию компонентов грунта, характеризующуюся совокупностью морфологических (размер, форма частиц, их количественное соотношение), геометрических (пространственная композиция структурных элементов) и энергетических признаков (тип структурных связей и общая энергия структуры) и определяющуюся составом, количественным соотношением и взаимодействием компонентов грунта.

К структурообразователям относятся вяжущие вещества (цемент, известь, битум, смола и т.п.) или минеральные добавки, а к суперпластификаторам – универсальные добавки, обладающие точным действием и стабильным составом, позволяющие регулировать свойства смесей (в том числе и на основе грунтов) в широких пределах (пластифицировать, повышать физико-механические свойства и т.п.).

Процедура укрепления грунтов и других местных материалов представляет собой совокупность мероприятий (внесение вяжущих и других веществ, последовательное выполнение всех предусмотренных технологических операций), обеспечивающих в конечном итоге коренное изменение свойств укрепляемых материалов с приданием им требуемой прочности, водо- и морозостойкости; осуществляется в дорожном и аэродромном строительстве (ГОСТ 23558-94).

Универсальные стабилизаторы: стабилизаторы, которые в водных растворах диссоциируют с образованием положительно и отрицательно заряженного иона (катиона, аниона).

Физико-механические свойства грунта определяют его модуль деформации (ГОСТ 12248-2010), прочность на раздавливание (ГОСТ 26447-85), величину структурного сцепления и угла внутреннего трения. Число пластичности I_p определяет разность влажностей, соответствующая двум состояниям грунта: на границе текучести w_l и на границе раскатывания w_p (ГОСТ 5180-84).

Классификация стабилизаторов имеет вид, представленный на рис. 2.1, где все производимые в настоящее время стабилизаторы разделены по следующим основным уровням.

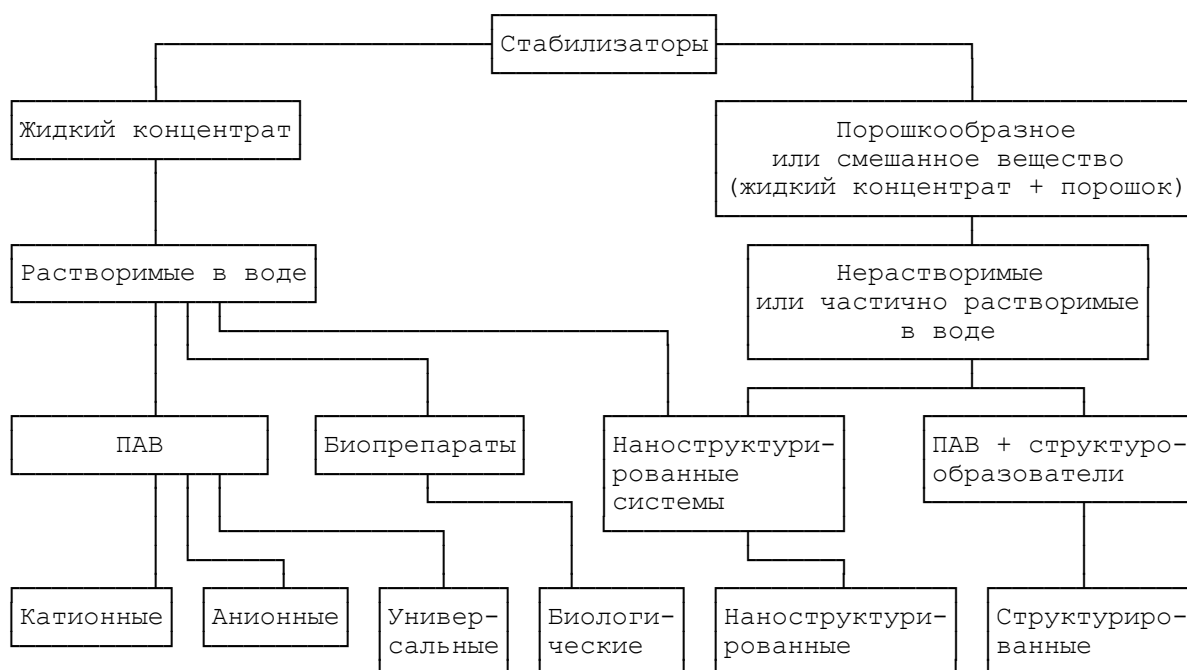


Рис. 2.1. Классификация стабилизаторов

Тип стабилизатора: – жидкий концентрат;

– порошкообразный и смешанный

– (жидкий + порошкообразный).

Класс стабилизатора:

– водорастворимые стабилизаторы;

– водонерастворимые и частично нерастворимые;

– стабилизаторы.

Подкласс стабилизатора:

– поверхностно-активные вещества (ПАВ);

– биопрепараты;

– наноструктурированные системы;

– ПАВ совместно со структурообразователями.

Вид стабилизатора:

- катионные, анионные, универсальные,
- биологические, наноструктурированные
- структурированные.

Практическая ценность наличия исходной информации (от производителя) по типу и классу конкретного стабилизатора заключается в том, что она позволяет произвести предварительную оценку имеющихся у строительной организации средств механизации (дозаторов, ресайклеров и т.п.) с точки зрения их способности с требуемым качеством распределить и перемешать с глинистым грунтом данную добавку.

Применительно к отечественной практике дорожного строительства, четко разграничивают две параллельно существующие, но принципиально различные технологии: **технологии стабилизации грунтов и технологии укрепления грунтов.**

Технология стабилизации грунтов отличается тем, что глинистые грунты обрабатываются только теми видами стабилизаторов, которые не содержат вяжущих как структурообразующих элементов, т.е. согласно классификации (см. рис. 2.1) к ним следует относить катионные (катионоактивные), анионные (анионоактивные), универсальные, биологические и наноструктурированные стабилизаторы.

В процессе стабилизации реализуется принцип молекулярного воздействия стабилизатора на частицы грунта. Данный принцип основан на замещении ионов в гидратированной оболочке на поверхности глинистых частиц грунта. В обычном состоянии частицы грунта удерживаются силами химического и электростатического взаимодействия, связующей электростатической водой. Силой электростатического взаимодействия на поверхности частиц грунта постоянно образуется слой из отрицательно заряженных ионов, определяющих ее способность к смачиванию. Принцип стабилизации: замещение анионов ОН на поверхности частиц грунта, путем диссоциации молекулами стабилизатора в результате слой стабилизированного грунта приобретает повышенную плотность, дополнительную прочность, что делает возможным улучшение несущей способности всех плотных и полуплотных грунтов.

С помощью технологии стабилизации изменяется в положительную сторону практически весь комплекс водно-физических свойств глинистого грунта. При этом увеличивается его гидрофобность. За счет уменьшения коэффициента фильтрации снижается его водопроницаемость. Также снижаются, вплоть до полного исключения, пучинистость и набухаемость грунтов. Уменьшается высота капиллярного поднятия и оптимальная их влажность с одновременным ростом максимальной плотности при стандартном уплотнении (ГОСТ 22733-2002).

Технология стабилизации может быть рекомендована к применению для грунтов, укладываемых в рабочем слое земляного полотна, так как наиболее интенсивно процессы водно-теплового режима (ВТР) и влагопереноса затрагивают, главным образом, верхнюю часть земляного полотна дорожной конструкции. При этом стабилизация грунтов рабочего слоя не только благоприятно влияет на процессы их водно-теплового режима, но и дает возможность применять местные глинистые грунты, ранее не пригодные для использования в этом элементе дорожной конструкции. Данный эффект достигается за счет подъема их водно-физических характеристик по водопроницаемости (ГОСТ 25584-90), пучинистости (ГОСТ 28622-90), набухаемости (ГОСТ 24143-80) и размокаемости (ГОСТ 5180-84) до требуемых величин.

Технология комплексной стабилизации отличается тем, что глинистые грунты обрабатываются структурированными стабилизаторами (см. рис. 2.1). Они могут обрабатываться любыми другими стабилизаторами, которые содержат в своем составе вяжущее, в количестве, не превышающем 2 % по массе грунта, либо применяются все другие виды стабилизаторов, согласно их классификации (см. рис. 2.1, 2.2), но с дополнительным внесением в грунт вяжущего в тех же количествах.

Технологии комплексной стабилизации глинистых грунтов, кроме улучшения их водно-физических свойств, способствует образованию жестких кристаллизационных связей, что положительно сказывается на увеличении физико-механических характеристик грунтов и в первую очередь таких, как сдвиговая прочность и модуль деформации.

Увеличение прочностных и деформационных характеристик комплексно стабилизированных глинистых грунтов дает возможность использовать их для устройства не только рабочего слоя, но и для обочин, а также грунтовых оснований дорожных одежд и покрытий местных (сельских) дорог.

Увеличение количества используемого при обработке грунта вяжущего сверх 2 % по массе при сохранении количества вводимых в грунт добавок стабилизаторов (до 0,1 % по массе) переводит **технология стабилизации грунтов в технологию укрепления грунтов**, которую с учетом наличия добавок следует характеризовать как технологию комплексного укрепления грунтов.

Наличие в укрепленном глинистом грунте добавок стабилизаторов, во-первых, приводит к снижению требуемого расхода вяжущего и, во-вторых, дает возможность увеличить морозо- и трещиностойкость укрепленных грунтов.

Комплексно укрепленные грунты, так же как грунты укрепленные следует применять в качестве оснований в конструкциях дорожных одежд в соответствии с ГОСТ 23558-94.

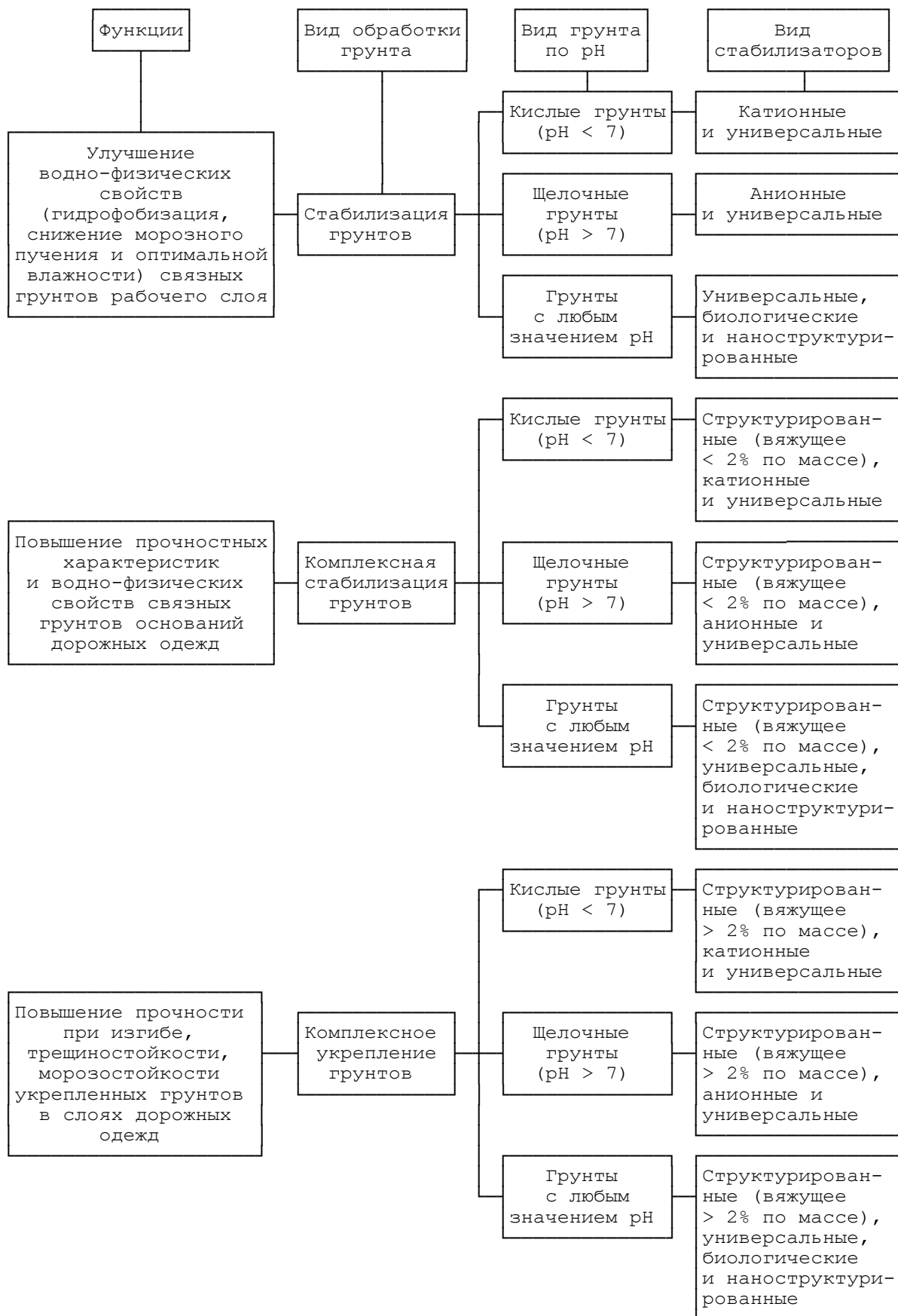


Рис. 2.2. Дорожная классификация стабилизаторов по целевым функциям обработки грунтов

Представленная на рис. 2.2 классификация стабилизаторов составлена по целевым функциям обработки грунтов добавками. Это означает, что в зависимости от конечной функции обработанного стабилизаторами грунта, выбирается определенный вид обработки грунта с учетом его свойств по показателю рН и вида совместимого с этим грунтом стабилизатора.

По функции свойств грунта, также определяется назначение получаемого материала в требуемый конструктивный элемент дорожной одежды и земляного полотна автомобильной дороги. Поэтому прикладной характер дорожной классификации стабилизаторов выражен в ее функциональной направленности, т.е. она четко отражает цель и область использования стабилизатора в дорожной конструкции. Поэтому выделяются следующие основные целевые функции:

Первая функция – гидрофобизация (несмачиваемость грунта) грунта в рабочем слое.

Вторая функция – структуризация (совместно с гидрофобизацией) грунта в основаниях дорожных одежд.

Третья функция – повышение морозо- и трещиностойкости укрепленных грунтов в конструктивных слоях дорожных одежд.

Все выделенные целевые функции процесса воздействия на грунт добавками стабилизатора реализуются с помощью сходной технологии, в основе которой лежит объединение грунта с добавками и его уплотнение при оптимальной влажности.

Различие в физико-механических свойствах грунтовой смеси зависит от вида и количественных соотношений стабилизатора и вяжущего в грунте и вида последнего. Поэтому в качестве основы деления наиболее общего и широкого понятия «Обработка грунтов добавками» выбраны следующие основные признаки.

Класс: определяется глубиной воздействия и степенью изменения структурных и физико-механических характеристик грунта.

Вид: определяется типом добавок и их количественным соотношением, с помощью которых реализуется требуемый уровень изменения физико-механических характеристик грунта.

Подвид: определяется условиями совместимости в грунтовой смеси знака заряда ионов стабилизатора и видом грунтов по рН (кислые, щелочные, нейтральные).

В представленной дорожной классификации стабилизаторов рассматриваются лишь те материалы и добавки, а также виды и разновидности грунтов, которые получили наиболее широкое применение и имеют положительный практический опыт. Исходным продуктом в дорожной классификации являются стабилизаторы, виды которых соответствуют их классификации (см. рис. 2.1).

Для обработки стабилизаторами следует применять при оптимальной влажности: грунты с числом пластичности от 1 до 22, при содержании в них песчаных частиц не менее 40 % по массе и пределом текучести w_1 не более 50 %. Подобной обработке стабилизаторами могут также подвергаться все разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов. Однако они должны содержать в своем составе пылеватые и глинистые частицы в количестве не менее 15 % по массе, с содержанием легкорастворимых солей – сульфатов – не более 2 % по массе, хлоридов – не более 4 % по массе, гумуса – не более 2 % по массе и примеси гипса – не более 10 %.

2.2. Методы крепления грунтов верхней части земляного полотна (рабочий слой), насыпей и выемок

Грунты, используемые в дорожном строительстве, по происхождению, составу, состоянию в природном залегании, набуханию, просадочности и степени цементации льдом подразделяются в соответствии с ГОСТ 25100-95.

Для верхней части земляного полотна они дополнительно подразделяются по составу (глинистые грунты), набухаемости, относительной просадочности и склонности к морозному пучению, а также по льдистости и просадочности при оттаивании – в соответствии со СНиП 2.05.02-85. В соответствии с данным нормативным документом подразделяются по степени увлажнения и грунты для сооружения насыпей и рабочего слоя.

К особым грунтам относятся:

- торфяные и заторфованные грунты;
- сапропели;
- илы;
- иольдиевые глины;
- лессы;
- аргиллиты и алевролиты;
- мергели, глинистые мергели и мергелистые глины;
- трепел;
- тальковые и пиррофиллитовые;
- дочетвертичные глинистые грунты, глинистые сланцы и сланцевые глины;
- черноземы;
- пески барханные;
- техногенные грунты (отходы промышленности).

К слабым следует относить связные грунты, имеющие прочность на сдвиг в условиях природного залегания менее 0,075 МПа (при испытании прибором вращательного среза) или модуль осадки более 50 мм/м при нагрузке 0,25 МПа (модуль деформации ниже 5,0 МПа). При отсутствии данных испытаний к слабым грунтам следует относить торф и заторфо-

ванные грунты, илы, сапропели, глинистые грунты с коэффициентом консистенции свыше 0,5, иольдиевые глины, грунты мокрых солончаков.

К дренирующим следует относить грунты, имеющие при максимальной плотности при стандартном уплотнении по ГОСТ 22733-2002 коэффициент фильтрации не менее 0,5 м/сут.

Пески со степенью неоднородности (по ГОСТ 25100-95) менее 3, а также мелкие пески с содержанием по массе не менее 90 % частиц размером 0,10-0,25 мм следует относить к однородным пескам.

Для обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод должно соответствовать нормативным требованиям.

За расчетный уровень грунтовых вод надлежит принимать максимально возможный осенний (перед промерзанием) уровень за период между восстановлениями прочности дорожных одежд (капитальными ремонтами). В районах, где наблюдаются частые продолжительные оттепели, за расчетный следует принимать максимально возможный весенний уровень грунтовых вод за период между капитальными ремонтами. В районах с глубиной промерзания менее толщины дорожной одежды за расчетный уровень следует принимать максимально возможный уровень грунтовых вод требуемой вероятности превышения в период его сезонного максимума. Положение расчетного уровня грунтовых вод следует устанавливать по данным разовых краткосрочных замеров на период изысканий и прогнозов.

Возвышение поверхности покрытия дорожной одежды над уровнем подземных вод или уровнем поверхностных вод при слабо- и среднезасоленных грунтах следует увеличивать на 20 % (для суглинков и глин – 30 %), а при сильнозасоленных грунтах – на 40-60 %.

Возвышение поверхности покрытия на участках насыпей, проектируемых с откосами крутизной менее 1:1,5, а также с бермами, допускается уточнять на основании расчета.

Степень уплотнения грунта рабочего слоя, определяемая величиной коэффициента уплотнения должна отвечать нормативным требованиям.

Требуемую степень уплотнения крупнообломочных природных и техногенных грунтов в рабочем слое следует устанавливать по результатам пробного уплотнения.

Не допускается использовать в пределах рабочего слоя особые грунты без специальных технико-экономических обоснований, учитывающих результаты их непосредственных испытаний.

Допускаются применение типовых конструкций дорожных одежд без морозозащитных слоев и использование табличных значений расчетной

влажности и показателей механических свойств грунтов рабочего слоя при расчете дорожных одежд.

При невозможности или нецелесообразности выполнения указанных требований должны быть предусмотрены мероприятия по обеспечению прочности и устойчивости рабочего слоя или по усилению дорожной одежды:

- устройство морозозащитного слоя;
- регулирование водно-теплового режима земляного полотна с помощью гидроизолирующих, теплоизолирующих, дренирующих или капиллярпрерывающих прослоек;
- укрепление и улучшение грунта рабочего слоя с использованием вяжущих, гранулометрических добавок и др.;
- применение армирующих прослоек;
- понижение уровня подземных вод с помощью дренажа;
- применение специальных поперечников земляного полотна с целью защиты его от поверхностной воды (уположенные откосы, бермы);
- сооружение дорожных одежд с технологическим перерывом или в две стадии.

Указанные мероприятия следует назначать на основе технико-экономических расчетов.

Рабочий слой следует проектировать в комплексе с дорожной одеждой для получения наиболее экономичных решений.

Для насыпей во всех условиях разрешается без ограничений применять грунты и отходы промышленности, мало меняющие прочность и устойчивость под воздействием погодно-климатических факторов. Грунты, а также отходы промышленного производства, изменяющие прочность и устойчивость под воздействием этих факторов и нагрузок с течением времени, в том числе особые грунты, допускается применять с ограничениями, обосновывая в проекте их применение результатами испытаний. В необходимых случаях следует предусматривать специальные конструктивные меры по защите неустойчивых грунтов от воздействия погодно-климатических факторов.

При использовании крупнообломочных грунтов следует предусматривать выравнивающий слой между насыпью и дорожной одеждой толщиной не менее 0,5 м из грунта с размерами обломков не более 0,2 м.

На сопряжении с мостами насыпи на длине поверху не менее высоты насыпи плюс 2 м (считая от устоя) и понизу не менее 2 м необходимо проектировать из непучинистых дренирующих грунтов.

Насыпи следует проектировать с учетом несущей способности основания, которые разделяются на прочные и слабые основания.

К слабым следует относить основания, в которых в пределах активной зоны имеются слои слабых грунтов мощностью не менее 0,5 м, при этом

мощность активной зоны следует принимать ориентировочно равной ширине насыпи понизу.

В случае, если слои слабых грунтов располагаются на глубинах, больших ширины насыпи понизу, а также при насыпях высотой более 12 м мощность активной зоны необходимо устанавливать расчетом.

Крутизну откосов насыпей на прочном основании следует назначать в соответствии с нормативными требованиями, а для их укрепления предполагается применение методом травосеяния или одерновки.

При применении других более капитальных методов укрепления крутизна может быть увеличена при соответствующем технико-экономическом обосновании.

При слабых основаниях, использовании в откосах насыпей глинистых грунтов повышенной влажности, а также подтопляемых насыпях крутизна откосов назначается на основе расчетов или проверяется расчетом возможности применения типового поперечного профиля.

К насыпям на слабых основаниях предъявляются дополнительные требования:

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

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

- упругие колебания насыпей на торфяных основаниях при движении транспортных средств не должны превышать величины, допустимой для данного типа дорожной одежды.

Прогноз устойчивости и осадки основания насыпи, а также ее упругих колебаний следует осуществлять на основе расчетов.

За завершение интенсивной части осадки допускается принимать момент достижения 90 %-й консолидации (уплотнения) основания или интенсивности осадки не более 2,0 см/год при дорожных одеждах капитального типа и 80 %-й консолидации или интенсивности осадки не более 5,0 см/год при дорожных одеждах облегченного типа.

Допустимую интенсивность осадки разрешается уточнять на основе опыта эксплуатации дорог в тех или иных природных условиях.

При проектировании насыпей из грунтов, влажность которых превышает допустимую, необходимо предусматривать мероприятия, обеспечивающие необходимую устойчивость земляного полотна. К числу таких мероприятий относятся:

- осушение грунтов, как естественным путем, так и обработкой их активными веществами типа негашеной извести, активных зол уноса и др.;

- ускорение консолидации грунтов повышенной влажности в нижней части насыпи (горизонтальные дренажи из зернистых или синтетических мате-

риалов и др.) и предупреждение деформаций насыпей, связанных с их расплыванием (уположение откосов и защита их от размыва, устройство горизонтальных прослоек из зернистых или синтетических материалов и т.д.). Устройство покрытий дорожных одежд капитального и облегченного типов на таких насыпях предусматривают после завершения консолидации грунта насыпи.

При влажности грунтов ниже 0,9 оптимальной следует предусматривать в проекте специальные меры по их уплотнению (доувлажнение, уплотнение более тонкими слоями и т.п.).

При проектировании насыпей с высотой откосов более 12 м в зависимости от конкретных условий с целью обеспечения устойчивости насыпи и ее откосов следует определять расчетом:

– возможную осадку насыпи за счет ее доуплотнения под действием собственного веса и ход этой осадки во времени;

– очертание поперечного профиля, обеспечивающее устойчивость откосов насыпи;

– безопасную нагрузку на основание, исключая процессы бокового выдавливания грунта;

– величину и ход во времени осадки основания насыпи за счет его уплотнения под нагрузкой от веса насыпи.

Высоту насыпи на участках дорог, проходящих по открытой местности, по условию снегонезаносимости во время метелей следует определять расчетом по формуле

$$h = h_s + \Delta h, \quad (2.1)$$

где h – высота незаносимой насыпи, м;

h_s – расчетная высота снегового покрова в месте, где возводится насыпь, с вероятностью превышения 5 %, м. При отсутствии указанных данных допускается упрощенное определение h_s , с использованием метеорологических справочников;

Δh – возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова, необходимое для ее незаносимости, м.

В случаях, когда Δh оказывается меньше возвышения бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова по условиям снегоочистки Δh_{sc} (см. ниже), в формулу (2.1), вместо Δh вводится Δh_{sc} .

Возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова необходимо назначать не менее, нормативных значений.

В районах, где расчетная высота снегового покрова превышает 1 м, необходимо проверять достаточность возвышения бровки насыпи над снежным покровом по условию беспрепятственного размещения снега, сбрасываемого с дороги при снегоочистке, используя формулу

$$\Delta h_{sc} = 0,375h_s b / a, \quad (2.2)$$

где Δh_{sc} – возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова по условиям снегоочистки, м;

- b – ширина земляного полотна, м;
 a – расстояние отбрасывания снега с дороги снегоочистителем, м;
для дорог с регулярным режимом зимнего содержания
допускается принимать $a=8$ м.

Крутизну откосов выемок, не относящихся к объектам индивидуального проектирования, следует назначать в соответствии с нормативными требованиями.

В скальных слабовыветривающихся грунтах допускаются вертикальные откосы.

На территориях с закрепленной растительностью песками допускается наибольшую крутизну при высоте откоса до 12 м принимать 1:2.

Высота откоса выемки определяется разностью отметок верхней и нижней бровок откоса.

Выемки глубиной до 1 м в целях предохранения от снежных заносов необходимо проектировать раскрытыми с крутизной откосов от 1:5 до 1:10 или разделанными под насыпь. Выемки глубиной от 1 до 5 м на снегозаносимых участках следует проектировать с крутыми откосами (1:1,5-1:2) и дополнительными полками или обочинами шириной не менее 4 м.

Выемки глубиной более 2 м в мелких и пылеватых песках, переувлажненных глинистых грунтах, легковыветривающихся или трещиноватых скальных породах, в пылеватых лессовидных и лессовых породах, а также в вечномерзлых грунтах, переходящих при оттаивании в мягкопластичное состояние, следует проектировать с закюветными полками. Ширину закюветных полок следует принимать при мелких и пылеватых песках – 1 м, при остальных указанных грунтах при высоте откоса до 6 м – 1 м, при высоте откоса до 12 м (для скальных пород – до 16 м) – 2 м.

Для дорог **высших** категорий при проектировании выемок в легковыветривающихся скальных грунтах допускается предусматривать кювет – траншею шириной не менее 3 м и глубиной не менее 0,8 м.

Поверхности закюветных полок дается уклон 20–40‰ в сторону кювета. Уклон можно не предусматривать при скальных породах, а также песках в условиях засушливого климата.

При проектировании выемок, относящихся к объектам индивидуального проектирования, следует выполнять расчеты по оценке общей и местной устойчивости откосов, разрабатывать мероприятия по ее обеспечению, включая назначение соответствующего поперечного профиля, устройство дренажей, защитных слоев, типа укрепления откосов и т.п.

Конструкции земляного полотна на косогорах следует обосновывать соответствующими расчетами с учетом устойчивости косогора, как в природном состоянии, так и после сооружения дороги.

На устойчивых горных склонах крутизной более 1:3 земляное полотно, как правило, следует располагать на полке, врезанной в косогор. На

склонах крутизной 1:10 – 1:5 земляное полотно следует проектировать, как правило, в виде насыпи без устройства уступов в основании. При крутизне склонов от 1:5 до 1:3 земляное полотно следует устраивать в виде насыпи, полунасыпи – полувыемки либо на полке. В основании насыпи и полунасыпи – полувыемки следует устраивать уступы шириной 3–4 м и высотой до 1 м. Уступы не устраиваются на склонах из дренирующих грунтов, а также из скальных слабовыветривающихся грунтов.

В необходимых случаях следует предусматривать мероприятия, как правило, комплексные, обеспечивающие устойчивость земляного полотна и склона, на котором оно располагается (дренажные устройства, поверхностный водоотвод, подпорные сооружения, изменение очертания склона и т.д.).

Конструкцию земляного полотна на болотах следует назначать на основе технико-экономического сравнения вариантов, предусматривающих удаление болотных грунтов (включая взрывной метод) или их использование в качестве основания насыпи с принятием в необходимых случаях специальных мер по обеспечению устойчивости, снижению и ускорению осадок и исключению недопустимых упругих колебаний.

При глубине болот до 6 м и высоте насыпей до 3 м проектирование допускается вести на основе привязки типовых решений с учетом типа болота.

Нижнюю часть насыпей на болотах, погружающуюся ниже уровня поверхности болота на 0,2-0,5 м, следует предусматривать, как правило, из дренирующих песчаных или крупнообломочных грунтов. Применение других грунтов, включая торф, должно обосновываться индивидуальными расчетами.

При применении конструкций с выторфовыванием требуемый объем грунта для насыпи следует назначать с учетом компенсации боковых деформаций стенок траншеи выторфовывания, определяемых расчетом.

Насыпи на затопляемых пойменных участках, пересечении водоемов и подходах к мостовым сооружениям следует проектировать с учетом волнового воздействия, а также гидростатического и эрозионного воздействия воды в период подтопления. Для обеспечения возможности ремонта и укрепления откосов в период эксплуатации на таких участках при технико-экономическом обосновании допускается предусматривать устройство берм шириной не менее 4 м.

При проектировании насыпей на слабых основаниях следует назначать обосновываемые расчетами специальные мероприятия, обеспечивающие возможность использования слабых грунтов в основании (уположение откосов, устройство боковых призм, временную перегрузку, регламентацию режима отсыпки насыпи, устройство вертикального дренажа,

грунтовых свай – дрен, свайного основания, устройство легких насыпей, армирование насыпей геотекстильными прослойками и др.).

При проектировании выемок в особых грунтах или насыпей с использованием особых грунтов в проекте следует предусматривать мероприятия по предохранению земляного полотна от деформаций (ограничение по расположению и толщине слоев из этих грунтов, устройство защитных слоев из устойчивых грунтов, армирующие, гидроизолирующие и другие прослойки и т.д.).

В районах распространения засоленных грунтов земляное полотно следует проектировать с учетом степени засоления.

Слабо- и средnezасоленные грунты допускается использовать в насыпях типовых конструкций, в том числе и для рабочего слоя, при соблюдении норм для незасоленных грунтов, а для насыпей индивидуального проектирования допускается использование на основе расчетов.

Сильнозасоленные грунты допускается использовать в качестве материала насыпей, в том числе и рабочего слоя, на участках 1-го типа местности по условиям увлажнения при обязательном применении мер, направленных на предохранение рабочего слоя от большего засоления.

Применение избыточно засоленных грунтов следует обосновывать специальными расчетами с принятием необходимых мер по нейтрализации их отрицательных свойств.

Земляное полотно на участках мокрых солончаков следует проектировать с соблюдением нормативных требований к насыпям на слабых основаниях.

Конструкция земляного полотна в районах подвижных песков должна обеспечивать условие минимума заносимости песком. При этом следует предусматривать мероприятия по предохранению земляного полотна от выдувания и образования песчаных заносов на полосе шириной не менее 50–150 м с учетом рельефа местности, скорости и направления ветра, степени подвижности песков, зависящей от закрепления поверхности растительностью, зернового состава песка и других факторов.

При незаросшей и слабозаросшей поверхности песков земляное полотно следует проектировать преимущественно в виде насыпей высотой 0,5–0,6 м, возводимых из резервов глубиной до 0,2 м. В пределах равнин и межбарханных понижениях должны быть предусмотрены:

- планировка полосы шириной 15–40 м с каждой стороны полотна;
- закрепление подвижных форм рельефа на ширину до 200 м за пределами полосы отвода.

Насыпи высотой более 1 м следует проектировать с использованием песка из выемок или карьеров, размещаемых с подветренной стороны на расстоянии не менее 50 м от дороги.

Выемки глубиной до 2 м следует проектировать раскрытыми с откосами не круче 1:10. При необходимости устройства водоотвода в выемке она должна быть разделана под насыпь с откосами не круче 1:4.

Выемки глубиной более 2 м следует проектировать разделанными под насыпи высотой 0,3–0,4 м. При этом расстояние между подошвами внутреннего и внешнего откосов необходимо принимать равным 10–20 м в зависимости от силы и направления ветра и состава песка.

На участках с ползаросшей и заросшей поверхностью необходимо обеспечивать максимальное сохранение растительности и естественного рельефа прилегающей местности. С этой целью насыпи следует проектировать минимальной высоты, без резервов. Выемки следует проектировать минимальной ширины с откосами 1:2. При необходимости получить из выемки требуемое количество грунта для насыпей следует предусматривать уширение выемки.

Для обеспечения проезда технологического транспорта по земляному полотну следует предусматривать устройство защитного слоя из глинистого грунта или песка, укрепленного вяжущими или иными способами, толщиной 0,15–0,2 м либо укладку геотекстильной прослойки с отсыпкой нижнего слоя дорожной одежды.

Земляное полотно на орошаемой территории следует проектировать с учетом воздействия оросительной системы на его водно-тепловой режим, как правило, в виде насыпей.

Расстояние между бровками канала водосборно-сбросной сети и резерва или водоотводной канавы следует принимать не менее 4,5 м. Использование кюветов, нагорных и водоотводных канав в качестве распределителей не допускается.

В качестве расчетного горизонта грунтовых вод следует принимать наивысший многолетний уровень, а на вновь осваиваемых территориях – по перспективным данным органов водного хозяйства.

Конструкции земляного полотна следует назначать с учетом температурного режима толщи грунтов и их физико-механических свойств, определяющих величину осадки основания насыпи при оттаивании в период эксплуатации.

Как правило, земляное полотно следует проектировать на основе теплотехнических расчетов исходя из принципов направленного регулирования уровня залегания верхнего горизонта вечномерзлых грунтов (ВГВМГ) в основании насыпи в период эксплуатации дороги.

Земляное полотно на участках залегания вечномерзлых грунтов необходимо проектировать, руководствуясь одним из следующих принципов:

– первый – обеспечение поднятия ВГВМГ не ниже подошвы насыпи и сохранение его на этом уровне в течение всего периода эксплуатации дороги;

– второй – допущение оттаивания грунта деятельного слоя в основании насыпи в период эксплуатации дороги при условии ограничения осадок допустимыми пределами для конкретного типа покрытия;

– третий – обеспечение предварительного оттаивания вечномерзлых грунтов и осушения дорожной полосы до возведения земляного полотна.

По первому принципу следует проектировать на участках низкотемпературной вечной мерзлоты, сложенной сильнопросадочными грунтами и глинистыми грунтами с влажностью выше границы текучести в деятельном слое при капитальном типе дорожных одежд.

Второй принцип следует применять в качестве основного из конкурирующих вариантов проектирования, оцениваемых по технико-экономическим показателям.

Третий принцип следует использовать на участках островного распространения с высокотемпературной вечной мерзлотой. Проектирование по данному принципу оказывается приемлемым только в случае наличия возможности заблаговременного оттаивания вечномерзлых грунтов и осушения дорожной полосы.

При проектировании по первому принципу положение ВГВМГ в основании следует обеспечивать назначением соответствующей высоты насыпи при применении традиционных дорожно-строительных материалов и устройством специальных прослоек из теплоизолирующих материалов (торфа, пенопласта, шлака и т.п.) в основании.

При проектировании по второму принципу высоту насыпи следует устанавливать по результатам теплофизических расчетов и расчета суммарной осадки основания и нестабильных слоев насыпи.

При применении в конструкции насыпи геотекстильных прослоек допустимые осадки могут быть увеличены на 20 % при толщине стабильных слоев до 1,5 м и на 25 % при их толщине до 2,0 м.

На участках прогнозируемых наледей в районах островного распространения вечномерзлых грунтов и глубокого сезонного промерзания земляное полотно должно быть запроектировано так, чтобы глубина промерзания основания насыпи не превышала промерзания грунтовой толщи в естественных условиях. При сплошном распространении вечномерзлых грунтов земляное полотно необходимо проектировать совместно с противоналедными устройствами (мерзлотным грунтовым поясом, водонепроницаемым экраном и др.), активизирующими наледный процесс в удалении от полотна дороги.

Выемки допускается предусматривать на участках местности с благоприятными мерзлотно-грунтовыми и гидрогеологическими условиями (скальные и щебенистые грунты) при отсутствии линз и прослоек льда.

В случае необходимости проектирования выемок в сложных мерзлотно-грунтовых и гидрогеологических условиях (напластование грунтов

неоднородного состава, переменный уровень водоносных горизонтов, проявления мерзлотных процессов, сильнопросадочные грунты) должны быть предусмотрены:

- теплоизоляция откосов;
- слои из геотекстиля;
- замена переувлажненных пылеватых глинистых грунтов песчаными или другими качественными материалами;
- морозозащитные слои в основании дорожной одежды;
- обеспечение надежного отвода воды из выемки.

Принимаемые решения следует обосновывать расчетами. Мелкие выемки следует раскрывать или разделять под насыпи.

В зависимости от рельефа, гидрогеологических и мерзлотно-грунтовых условий поверхностные и грунтовые надмерзлотные воды необходимо отводить от дорожного полотна за счет водоотводных канав, нагорных мерзлотных валиков и приоткосных берм, параметры которых устанавливаются расчетом.

Проектирование земляного полотна (включая защитные, подпорные и удерживающие конструкции) на оползневых и оползнеопасных участках, а также в районах распространения селей, осыпей, лавин, карста, слабых грунтов, просадочных и набухающих грунтов и на участках влияния абразии и речной эрозии следует осуществлять на основе требований специальных нормативных документов.

При соответствующем технико-экономическом обосновании в конструкциях земляного полотна могут использоваться прослойки из геотекстильных материалов, выполняющих армирующую, дренирующую, фильтрующую или разделяющую роль.

Прослойки предусматриваются:

- в основании насыпей на слабых грунтах;
- в теле насыпей для повышения устойчивости откосов;
- в качестве защитного фильтра в дренажных конструкциях;
- в качестве дренажа, обеспечивающих отвод воды из водонасыщенного массива грунта;
- как разделяющую прослойку на контакте слоев грунта или зернистых материалов с различным гранулометрическим составом (препятствующую перемешиванию материалов слоев);
- в основании технологических проездов на грунтах с низкой несущей способностью.

Для предохранения земляного полотна от переувлажнения поверхностными водами и размыва, а также для обеспечения производства работ по сооружению земляного полотна следует предусматривать системы поверхностного водоотвода (планировку территории, устройство канав, лотков, быстроток, испарительных бассейнов, поглощающих колодцев и

т.д.). Дно канав должно иметь продольный уклон не менее 5‰ и в исключительных случаях – не менее 3‰.

Грунтовые и поверхностные воды, которые могут влиять на прочность и устойчивость земляного полотна или на условия производства работ, следует перехватывать или понижать дренажными устройствами.

Высоту насыпей и оградительных дамб у средних и больших мостов и на подходах к ним, а также насыпей на поймах следует назначать с таким расчетом, чтобы бровка земляного полотна возвышалась не менее чем на 0,5 м, а бровка незатопляемых регуляционных сооружений и берм – не менее чем на 0,25 м над расчетным горизонтом воды с учетом подпора и высоты волны с набегаем ее на откос.

Бровка земляного полотна на подходах к малым мостам и трубам должна возвышаться над расчетным горизонтом воды, с учетом подпора, не менее чем на 0,5 м при безнапорном режиме работы сооружения и не менее чем на 1 м при напорном и полунпорном режимах.

Типы укрепления откосов земляного полотна и водоотводных сооружений должны отвечать условиям работы укрепляемых сооружений, учитывать свойства грунтов, особенности погодных-климатических факторов, конструктивные особенности земляного полотна и обеспечивать возможность механизации работ и минимум приведенных затрат на строительство и эксплуатацию. При назначении вида укрепления следует разрабатывать варианты и учитывать условия и время производства работ по сооружению земляного полотна и его укреплению.

Подтопляемые откосы насыпей следует защищать от волнового воздействия соответствующими типами укреплений в зависимости от гидрологического режима реки или водоема.

При соответствующем технико-экономическом обосновании взамен укреплений допускается применять уположение откосов (пляжный откос). Крутизну устойчивого к водному воздействию откоса следует определять расчетом в зависимости от гидрологических и климатических условий и вида грунта насыпи.

При технико-экономическом обосновании для укрепления откосов допускается использовать геотекстильные материалы. Геотекстильные прослойки при укреплении откосов выполняют роль покрытия, защищающего откос от эрозии, улучшающего развитие травяного покрова и армирующего дернину, ограждения, ограничивающего деформации грунта в поверхностной зоне откоса, обратного фильтра в креплениях подтопленных откосов сборными элементами или каменной наброской.

Защитные и удерживающие сооружения, применяемые при возведении земляного полотна, следует проектировать индивидуально на основе специальных нормативных документов. При этом необходимо учитывать условия их строительства и эксплуатации.

2.3. Методы укрепления дорожных одежд

Дорожная одежда должна соответствовать общим требованиям, предъявляемым к дороге как транспортному сооружению. Эти требования надлежит обеспечивать выбором конструкции всей дорожной одежды, соответствующих покрытий проезжей части, конструкции сопряжения проезжей части с обочинами и разделительной полосой и типов укрепления обочин, созданием ровной и шероховатой поверхности проезжей части и т.д.

Конструкцию дорожной одежды и вид покрытия следует принимать исходя из транспортно-эксплуатационных требований и категории проектируемой дороги с учетом интенсивности движения и состава автотранспортных средств, климатических и грунтово-гидрологических условий, санитарно-гигиенических требований, а также обеспеченности района строительства дороги местными строительными материалами.

Дорожные одежды могут состоять из одного или нескольких слоев. При наличии нескольких слоев дорожные одежды состоят из покрытия, основания и дополнительных слоев основания – морозозащитных, теплоизоляционных, дренирующих и др.

По сопротивлению нагрузкам от автотранспортных средств и по реакции на климатические воздействия дорожные одежды следует подразделять на одежды с жесткими покрытиями и слоями основания (условно далее – жесткие дорожные одежды) и на одежды с нежесткими покрытиями и слоями основания (нежесткие дорожные одежды).

Общая толщина дорожной одежды и толщины отдельных слоев должны обеспечивать прочность и морозоустойчивость всей конструкции.

При расчете дорожных одежд на прочность следует учитывать перспективную интенсивность движения автомобилей различных типов, которую следует приводить к интенсивности воздействия расчетной нагрузки на одну наиболее загруженную полосу проезжей части.

Для автомобильных дорог с многополосной проезжей частью дорожную одежду всех полос движения следует проектировать на одинаковую наибольшую расчетную нагрузку.

Нежесткие дорожные одежды на дорогах **высших категорий** следует проектировать из условия недопущения накопления остаточных деформаций в течение периода их эксплуатации до первого капитального ремонта (или переустройства).

Дорожные одежды на дорогах **низших категорий** следует проектировать с учетом возможного возникновения остаточных деформаций, ограниченных допусками по ровности проезжей части. В отдельных случаях в целях снижения строительных затрат при соответствующих обоснованиях такие одежды допускается проектировать с учетом ограничения

движения по интенсивности и грузоподъемности транспортных средств в неблагоприятные периоды года.

Нежесткие дорожные одежды на полосах движения проезжей части следует рассчитывать на прочность с учетом кратковременного многократного действия подвижных нагрузок. Продолжительность действия нагрузки следует принимать равной 0,1 с и в расчет вводить соответствующие этой продолжительности значения модулей упругости и прочностных характеристик материалов и грунта.

Одежды на стоянках автомобилей и обочинах дорог следует рассчитывать на продолжительное действие нагрузки (не менее 10 мин). Повторность нагружения допускается не учитывать.

Одежды на остановках общественного транспорта, на подходах к перекресткам дорог и к пересечениям с железной дорогой следует рассчитывать как на многократное действие кратковременной нагрузки, так и на продолжительное нагружение, принимая более мощную конструкцию.

Расчет нежестких дорожных одежд при кратковременном действии нагрузки следует выполнять по **трем критериям прочности**: упругому прогибу всей конструкции, сопротивлению сдвигу в грунте и в слабосвязных слоях одежды, растяжению при изгибе слоев одежды из грунтов и каменных материалов, обработанных неорганическими вяжущими. Подобный расчет нежестких дорожных одежд на длительное действие нагрузки следует выполнять по сдвигу в грунте и в слабосвязных слоях одежды.

Напряжения и деформации нежестких дорожных одежд и земляного полотна под действием расчетной нагрузки следует определять с применением методов теории упругости для слоистого полупространства с учетом наихудших из возможных условий сопряжения слоев на контакте. Допускается приводить многослойные дорожные одежды и земляное полотно к двух- и трехслойным расчетным моделям.

Независимо от результатов расчета на прочность дорожной одежды значения толщин конструктивных слоев в уплотненном состоянии следует принимать не ниже нормативных требований.

Толщину конструктивного слоя следует принимать во всех случаях не менее чем 1,5 размера наиболее крупной фракции применяемого в слое минерального материала.

В случаях укладки каменных материалов на глинистые и суглинистые грунты следует предусматривать прослойку толщиной не менее 10 см из песка, высевок, укрепленного грунта или других водостойчивых материалов.

В районах сезонного промерзания грунтов на дорогах с жесткими и нежесткими дорожными одеждами, находящихся в неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях, наряду с обеспечением требуемой прочности следует предусматривать противопучинные мероприятия, гаранти-

рующие достаточную морозоустойчивость дорожной одежды и земляного полотна.

Толщину теплоизоляционных слоев разного назначения (для полного предотвращения промерзания земляного полотна или для ограничения глубины промерзания его допустимыми пределами) следует определять теплотехническим расчетом.

На участках земляного полотна из глинистых грунтов и пылеватых песков следует предусматривать дренирующие слои с водоотводящими устройствами при основаниях и дополнительных слоях, выполненных из традиционных зернистых (пористых) материалов.

Необходимость устройства дренирующих слоев на участках дорог, где основания или дополнительные слои дорожной одежды выполнены из грунтов и каменных материалов, обработанных вяжущими, устанавливается расчетом на осушение.

Толщину дренирующего слоя, необходимый коэффициент фильтрации, гранулометрический состав и другие требования к материалам, используемым для его устройства, надлежит устанавливать расчетом в зависимости от количества воды, поступающей в основание проезжей части, способа отвода ее, длины пути фильтрации и других факторов.

При расчете дорожной одежды на остановочных полосах следует принимать не менее $1/3$ расчетной интенсивности или другую нагрузку, обосновываемую в проекте, при которой исключается быстрое накопление остаточных деформаций.

Покрытия на укрепленной полосе обочин (0,5-0,75 м) и на остановочной полосе (2,5 м) рекомендуется предусматривать из цементно- или асфальтобетона с применением щебня преимущественно крупных размеров (до 25-45 мм), а также из обработанных вяжущими местных каменных, гравийных, шлаковых и других минеральных материалов.

Поверхность остальной части обочин следует укреплять в зависимости от интенсивности и характера движения, грунтов земляного полотна и особенностей климата засевом трав, россыпью щебня, гравия, шлака и других наиболее дешевых местных крупнозернистых материалов.

Для предохранения обочин и откосов земляного полотна от размыва на участках дорог с продольными уклонами более 30‰, с насыпями высотой более 4 м, в местах вогнутых кривых в продольном профиле следует предусматривать устройство продольных лотков и других сооружений для сбора и отвода стекающей с проезжей части воды.

Разделительные полосы следует сопрягать с проезжей частью путем устройства на разделительной полосе укрепленных полос. Остальную часть разделительной полосы следует укреплять засевом трав и, в зависимости от местных условий, посадкой кустарников (сплошной или в

виде поперечных полос – кулис), располагаемых на расстоянии не менее 1,75 м от кромки проезжей части.

2.4. Материалы для дорожных одежд

Асфальтобетонные и дегтебетонные смеси и каменные материалы, обработанные органическими вяжущими, для дорожных одежд должны применяться в соответствии с **нормативными** требованиями.

Для обеспечения повышенной трещиностойкости и продления срока службы асфальтобетонных покрытий при условии низких отрицательных температур в районе строительства следует применять полимерасфальтобетоны с использованием полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) на основе блоксополимеров бутадиена и стирола типа СБС (марок ДСТ 30-01 и ДСТ 30Р-01, а также их зарубежных аналогов) с требуемой для данного района строительства температурой хрупкости.

Материалы щебеночные, гравийные и песчаные, обработанные неорганическими вяжущими, для покрытий и оснований должны соответствовать требованиям ГОСТ 23558-94.

В населенных пунктах при устройстве покрытий с применением каменноугольных дегтей и смол на них обязательно должен быть устроен защитный слой из асфальтобетонной смеси толщиной не менее 4 см или двойной поверхностной обработки с применением битума.

Покрытия и основания из грунтов, укрепленных битумными эмульсиями, жидкими битумами или каменноугольными вяжущими (дегтями, смолами) совместно с цементом или известью, а также битумными эмульсиями или сырой нефтью совместно с карбамидными смолами либо карбамидными смолами совместно с добавками лигносульфоната технического (ЛСТ), следует применять согласно **нормативным** требованиям.

При проектировании дорожных одежд капитального типа в качестве оснований следует применять укрепленные грунты также согласно нормативным требованиям.

При проектировании дорожных одежд с дополнительными теплоизолирующими (морозозащитными) слоями на дорогах следует применять для этих слоев укрепленные грунты высоких классов по прочности.

Толщину морозозащитного слоя, полученную расчетом применительно к зернистым материалам, следует снижать на 25–40 %, учитывая уменьшение степени морозного пучения верхнего слоя земляного полотна при устройстве морозозащитного слоя из укрепленных грунтов.

При испытании укрепленных грунтов на морозостойкость методом водонасыщения число циклов замораживания – оттаивания и температуру замораживания назначают в зависимости от дорожно-климатической зоны

и местоположения слоя укрепленного грунта в дорожной одежде в соответствии с **нормативными** требованиями.

При проектировании щебеночных оснований, укрепляемых пескоцементной смесью, следует применять щебень фракций 40–70 (70–120) и 5–40 мм.

Прочность и морозостойкость щебня должны соответствовать требованиям ГОСТ 8267-93, ГОСТ 3344-2000.

При проектировании щебеночных покрытий и оснований, устраиваемых методом заклинки, следует применять щебень по ГОСТ 8267-93, ГОСТ 3344-2000 фракций 40-70 и 70-120 мм в качестве основного материала, а фракций 20-40, 10-20 и 5-10 мм – в качестве расклинивающего. При устройстве оснований для расклинки допускается применение различных смесей по ГОСТ 25607-95.

Марки по прочности и морозостойкости каменных материалов должны соответствовать нормативным требованиям. Прочность расклинивающего материала может быть на марку ниже основного.

Конструкция слоев оснований из щебня карбонатных пород марок 400 и ниже допускается без использования расклинивающего материала.

При проектировании щебеночных и гравийных покрытий и оснований из плотных смесей применяемые материалы должны отвечать требованиям ГОСТ 25607-95.

В гравийный материал, содержащий более 50 % зерен с гладкой поверхностью, рекомендуется добавлять щебень (щебень из гравия) в количестве не менее 25 % по массе для лучшей его уплотняемости и повышения несущей способности покрытия.

Щебень (гравий) для щебеночных и гравийных покрытий по водостойкости и пластичности должен быть не ниже нормативных требований.

Коэффициент фильтрации смесей для дополнительных слоев основания должен быть не менее 1 м/сут.

Щебень (гравий), содержащийся в смесях для дополнительных слоев оснований на дорогах **высших категорий**, должен иметь марку по прочности не ниже 200.

Для дренирующих и морозозащитных слоев дорожных одежд можно допускать без дополнительных испытаний применение песка по ГОСТ 8736-77. Коэффициент фильтрации при максимальной плотности должен быть не менее 1 м/сут.

Для морозозащитных слоев допускается применять слабопучинистые песчаные грунты, которые удовлетворяют требованиям по величине коэффициента пучения и сдвиговым характеристикам, устанавливаемым расчетом на прочность и морозоустойчивость дорожной одежды, и имеют коэффициент фильтрации не менее 0,2 м/сут.

Покрытия должны иметь устойчивые во времени ровность и шероховатость поверхности, необходимые для обеспечения расчетных скоростей и безопасности движения.

Допускаемые отклонения по ровности проезжей части и поверхности оснований, а также уплотнение конструктивных слоев дорожной одежды должны соответствовать требованиям СНиП 3.06.03-85.

Шероховатые покрытия с применением каменных материалов, устойчивых против шлифуемости под воздействием движения, следует предусматривать для достижения стабильных во времени высоких значений коэффициентов сцепления шин автомобилей с поверхностью проезжей части.

Нормативные значения коэффициентов сцепления следует обеспечивать:

- устройством шероховатой поверхности способом поверхностной обработки или втапливанием щебня марки по прочности не ниже 1000;
- устройством покрытий из асфальтобетонных смесей различных типов при использовании щебня марки по прочности не ниже 1000 и дробленого песка или отсевов дробления изверженных горных пород;
- специальной отделкой поверхности цементобетонных покрытий.

Для дорог **низших категорий** на участках с легкими условиями движения допускается устройство покрытий из менее прочных асфальтобетонных смесей.

Такие покрытия рекомендуется также предусматривать на велосипедных и пешеходных дорожках, на площадках павильонов у остановок автобусов, на территории автозаправочных станций, площадках отдыха и т.п.

Крупношероховатые поверхности с высотой выступов 10-12 мм, получаемые путем поверхностной обработки с применением щебня размером 25-35 мм, рекомендуется предусматривать для устройства поперечных («шумовых») полос на подходах (на расстоянии 250-300 м) к опасным участкам дорог. Ширину поперечных полос следует принимать 5-7 м, расстояние между полосами – от 30 м в начале до 10-15 м в конце. В промежутках между полосами покрытие должно иметь шероховатую поверхность с параметрами, соответствующими опасным условиям движения.

Коэффициенты сцепления устанавливаются динамометрическим прицепным прибором ПКРС-2 без учета снижения их в процессе эксплуатации дороги. При использовании других приборов (в частности, портативных) их показания должны быть приведены к показаниям прибора ПКРС-2.

При проектировании оснований из фосфополугидрата сульфата кальция в качестве материала слоя или расклинивающего материала при устройстве щебеночных оснований следует применять материал непосредственно с технологических линий завода.

Пределы прочности образцов фосфополугидрата сульфата кальция, приготовленных и испытанных по ГОСТ 23558-79 в возрасте 28 сут., должны характеризоваться следующими показателями: на сжатие 2; 4; 6; 7,5 МПа, на раскалывание 0,3; 0,6; 1,0; 1,3 МПа, растяжение при изгибе 0,6; 1,2; 2; 2,5 МПа соответственно.

Водостойкость уплотненного материала в возрасте 28 сут. должна отвечать требованиям ГОСТ 25607-83. Коэффициент размягчения, определяемый как частное от деления прочности образца на сжатие, испытанного в водонасыщенном состоянии, к прочности образца в сухом состоянии, должен быть не менее 0,7. По морозостойкости, определяемой по ГОСТ 23558-94, материал должен иметь марку МР315 или МР325.

Основание из фосфополугидрата сульфата кальция следует устраивать при температуре воздуха не ниже 5°C.

Фосфополугидрат сульфата кальция для достижения максимальной прочности основания следует укладывать и уплотнять при оптимальной влажности (20-25 %) в течение суток после выпуска с химзавода.

При использовании материала с влажностью выше оптимальной (25-35 %) он должен быть распределен, взрыхлен для доведения его влажности до близкой к оптимальной и после этого уплотнен. При этом все работы должны быть закончены не позднее трех суток со дня выпуска фосфополугидрата сульфата кальция с завода.

Прочность основания в этом случае уменьшается на 20-30 % в зависимости от срока окончания всех работ.

При расчете потребности материала следует принимать коэффициент уплотнения равным 1,5-2,5 и уточнять пробным уплотнением. Для улучшения сцепления слоев дорожной одежды в поверхностный слой основания следует втопить щебень фракции 10-20 или 20-40 мм в количестве 1 м³ на 100 м² поверхности. По условиям увлажнения основание снизу и сверху дорожную одежду в поверхностный слой основания следует защищать гидроизолирующими прослойками.

Контрольные вопросы

1. Рассмотрите основное содержание технологического процесса стабилизации грунтов.

2. Изложите содержание процедуры укрепления грунтов и других местных материалов, применяемых для строительства земляного полотна и дорожной одежды.

3. Какой основной параметр определяют физико-механические свойства грунта?

4. По каким основным уровням разделены все производимые в настоящее время стабилизаторы согласно их классификации?

5. Какой уровень грунтовых вод надлежит принимать за расчетный?
6. Какие грунты разрешается без ограничений применять для насыпей во всех условиях ?
7. Какие требования предъявляются к насыпям на слабых основаниях?
8. Как определяется высота насыпи на участках дорог, проходящих по открытой местности, по условию снегонезаносимости во время метелей?
9. Из каких условий следует назначать конструкцию земляного полотна на косогорах и болотах?
10. Какие условия следует учитывать при расчете дорожных одежд на прочность?
11. Каким требованиям должны соответствовать материалы для дорожных одежд?
12. Какие шероховатые покрытия следует предусматривать для достижения стабильных во времени высоких значений коэффициентов сцепления шин автомобилей с поверхностью проезжей части?

3. МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ИХ ПРОЧНОСТИ

3.1. Порядок проведения оценки прочности дорожных конструкций

Обследование дорожных одежд с целью оценки их прочности проводят на участках с неудовлетворительным состоянием покрытия по ровности либо на участках с долей деформированной поверхности покрытия, соответствующей коэффициенту надёжности дорожной одежды K_n меньше допустимого (табл. 1.5). Полевые работы проводят в три основных этапа: предварительное обследование, подготовка к детальному и собственно детальное обследование (рис. 3.1).

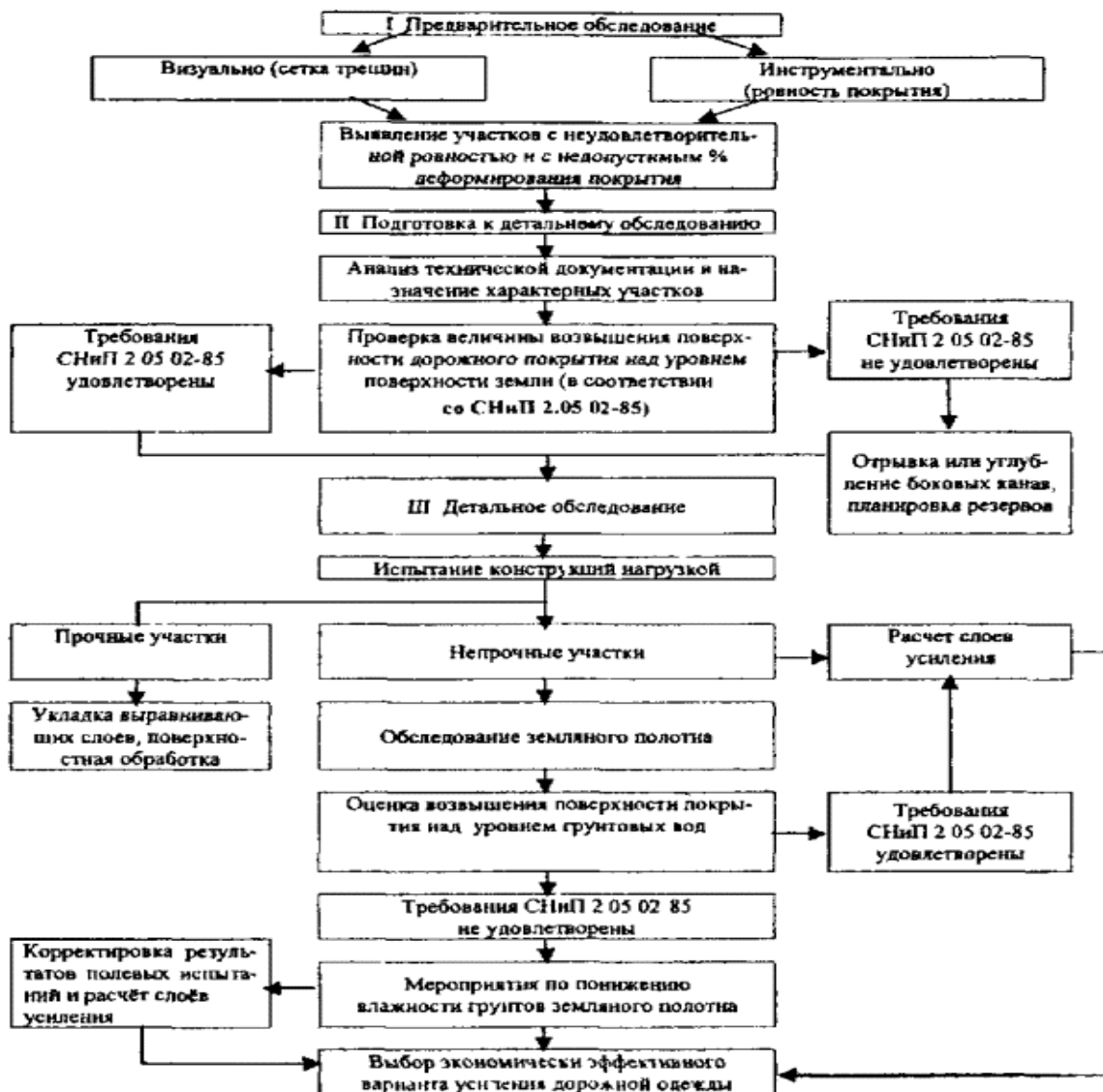


Рис. 3.1. Порядок обследования дорожных конструкций для оценки и улучшения их состояния

При предварительном обследовании оценивают состояние дорожного покрытия по ровности и фактической степени повреждения покрытия дефектами, являющимися следствием проявления необратимых процессов, связанных с прочностью дорожной конструкции. При получении неудовлетворительных показателей хотя бы по одному из этих критериев принимают решение о необходимости выполнения оценки прочности дорожной одежды и подготовке к проведению детального обследования.

В процессе подготовки к детальным обследованиям изучают техническую документацию и данные о фактическом состоянии покрытия, назначают границы характерных участков дороги. Дополнительно проверяют соответствие этих участков требованиям СНиП 2.05.02-85 по возвышению покрытия над уровнем поверхности земли для принятия решения о целесообразности проведения дополнительных работ по улучшению состояния водоотвода до проведения полевых испытаний дорожной одежды.

При детальном обследовании выполняют полевые испытания дорожных одежд на характерных участках для оценки прочности конструкций и назначения мер по улучшению их состояния. Если показатели прочности соответствуют установленным требованиям, на обследованных участках проводят работы по улучшению ровности дорожного покрытия и обеспечению его сцепных качеств. Для недостаточно прочных участков рассчитывают толщины слоев усиления.

Обследованные конструкции могут не удовлетворять требованиям СНиП 2.05.02-85 по условию возвышения поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод и рассчитанная толщина слоев усиления может оказаться завышенной. Для проверки этого условия осуществляют бурение скважин на обочинах у кромок покрытия. В случае повышенного уровня грунтовых вод проводят мероприятия по понижению влажности грунтов земляного полотна, корректируют результаты полевых испытаний и снова рассчитывают толщины слоев усиления. Затем выбирают более выгодный вариант усиления дорожной конструкции. Во всех случаях вариант усиления дорожной конструкции без определения уровня грунтовых вод будет более эффективен при условии

$$\frac{C_{y1}}{C_{об} + C_{утв} + C_{y2}} \leq 1. \quad (3.1)$$

где C_{y1} – затраты на усиление дорожной одежды характерного участка дороги по результатам полевых испытаний нагрузкой;

C_{y2} – то же, но с учетом проведенного мероприятия по понижению влажности грунтов земляного полотна;

$C_{об}$ – затраты на обследование земляного полотна;

$C_{утв}$ – затраты на мероприятия по понижению уровня грунтовых вод.

3.2. Предварительное обследование дорожных конструкций

Обследования начинают с инструментальной оценки ровности дорожного покрытия. Одновременно оценивают состояние дорожного покрытия по степени его деформирования.

Фактическую степень деформирования поверхности покрытия r_{ϕ} определяют как отношение суммарной протяжённости отрезков L_d на обследуемом участке дороги с дефектами, характеризующими предельное состояние нежёсткой дорожной одежды, расположенными по крайней правой полосе наката к общей длине характерного участка дороги L :

$$r_{\phi} = L_d / L. \quad (3.2)$$

Вид и количество дефектов на дорожном покрытии устанавливают на основе визуальной оценки. Все дефекты, обнаруженные на покрытии, подразделяют на виды в соответствии с характерными особенностями (табл. 3.1) и определяют основные прочностные дефекты на каждом рассматриваемом участке. Например, если на участке не обнаружена сетка трещин, то в качестве основного дефекта рассматриваются частые трещины. Если нет частых трещин, то участок оценивается по редким трещинам (см. табл. 3.1) и т.д.

Т а б л и ц а 3.1

Вид дефекта	Характерные особенности дефекта покрытия
1	2
А. Дефекты прочностного характера	
Трещины: одионочные	Поперечные и косые трещины, расположенные на расстоянии более 15 – 20 м друг от друга
отдельные	Поперечные и косые трещины, расположенные примерно на одинаковом расстоянии друг от друга. Расстояние между соседними трещинами – 10 – 15 м
редкие	Поперечные и косые трещины (нередко с ответвлениями), не связанные между собой. Среднее расстояние между соседними трещинами – 4 – 10 м
частые	Поперечные и косые трещины с ответвлениями, иногда связанные между собой, но, как правило, не образующие замкнутых фигур. Среднее расстояние между соседними трещинами – 1 – 4 м
Сетка трещин	Поперечные и продольные трещины, развитые в зоне полос наката и образующие замкнутые, преимущественно четырехугольные фигуры с расстоянием между сторонами менее 1 м. Нередко сопровождаются просадками, колеиностью и волнообразованием
Колейность	Плавное искажение поперечного профиля дорожного покрытия, локализованное вдоль полос наката. На покрытиях, устроенных с применением вяжущих, обычно сопровождается продольными трещинами и сеткой трещин

Окончание табл. 3.1

1	2
Просадки	Резкое искажение профиля покрытия, имеющее вид впадины с округлыми краями. На покрытиях, устроенных с применением вяжущих, просадки сопровождаются сеткой трещин, нередко охватывающей также и зоны покрытия, непосредственно к ним прилегающие
Волны	Закономерное чередование (через 0,5 – 2,0 м) на покрытии впадин и гребней, в поперечном направлении по отношению к продольной оси дороги. Как правило, имеют место на дорогах с переходными типами покрытий
Б. Дефекты, обусловленные влиянием нарушений в технологии производства работ	
Проломы	Полное разрушение дорожной одежды на всю ее толщину с резким искажением профиля покрытия
Выкрашивание и шелушение	Поверхностные разрушения покрытия за счет потери отдельных зерен минерального материала и отслаивания вяжущего
Выбоины	Местные разрушения дорожного покрытия, имеющие вид углублений с резко выраженными краями
Сдвиги	Смещение покрытия, наблюдающееся обычно на крутых спусках, в местах остановок и торможения автомобилей. Иногда в местах сдвига наблюдаются разрывы покрытия
Открытые пучины	Взбугривание покрытия с сеткой трещин. Сопровождается выдавливанием грунта на поверхность покрытия в момент проезда под колесом автомобиля

Результаты обследования заносят в специальную ведомость:

№ п/п	Вид основного прочностного дефекта на километровом участке покрытия	Границы участков по видам основных дефектов покрытия	
		начало (км + м)	конец (км + м)

3.3. Подготовка к детальному обследованию

Подготовку к детальному обследованию начинают непосредственно после выявления участков с неудовлетворительной ровностью или высокой степенью деформированности дорожного покрытия.

При подготовке к детальному обследованию анализируют:

- проектную и исполнительную документацию;
- мероприятия по содержанию и ремонту дороги (паспорт, акты приемки работ, журналы производства ремонтных работ и т.д.);
- данные учета состава и интенсивности движения автомобилей за весь период эксплуатации, предшествующей обследованию (сводные ведомости по учету движения);
- результаты ранее проведенных обследований (отчеты по оценке прочности дорожной одежды, «дефектные ведомости», отчеты о весенних и осенних осмотрах дороги и т.д.).

Данные анализа технической документации и «дефектных ведомостей» используют для назначения характерных участков, требующих детальных обследований.

За характерный принимают участок, отличающийся от соседних хотя бы одним из следующих показателей:

- конструкцией дорожной одежды;
- грунтом земляного полотна и типом его поперечного профиля;
- типом местности по условиям увлажнения;
- технологией устройства одежды и характеристиками применявшихся при этом материалов;
- интенсивностью движения, приведенной к интенсивности движения расчетного автомобиля;
- состоянием покрытия по видам дефектов.

Нахождение границ характерных участков производят с помощью сводной ведомости (рис. 3.2). При этом необходимо, чтобы длина характерного участка была не менее 500 м.

Километры	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Конструкция дорожной одежды	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> АБМЗ – 4,0 см ЧЩ – 10 см Щебень – 17 см Песок – 20 см </div> 1980 г. 1969 г.		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> АБМЗ – 4,0 см АБМЗ – 4,0 см ЧЩ – 10 см Гравий – 22 см Песок – 20 см </div> 1980 г. 1975 г. 1969 г.			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> АБМЗ – 4,0 см АБМЗ – 4,0 см ЧЩ – 10 см Гравий – 30 см Песок – 14 см </div> 1980 г. 1974 г. 1969 г.					
Грунт земляного полотна	Суглинок тяжелый						Супесь				
Тип местности по условиям увлажнения	Тип I			Тип II							
Приведенная интенсивность движения	Учетный пункт № 2 630 авт./сут						Учетный пункт № 3 900 авт./сут				
Состояние покрытия по видам дефектов	Редкие трещины			Частые трещины			Сетка трещин, колея				
Характерные участки и расположение контрольных точек	Км 32 1,2 м			Км 36+520 1,2 м			Км 39+250 1,4 м				

Рис. 3.2. Пример сводной ведомости результатов визуальной оценки состояния дороги и анализа данных, взятых из технической документации, для назначения характерных участков:
 АБМЗ – асфальтобетон мелкозернистый; ЧЩ – черный щебень

Расположение контрольной точки уточняется в процессе проведения полевых испытаний.

При определении границ характерных участков смежные участки могут быть объединены при прочих равных условиях, если:

- расчетные (проектные) модули упругости дорожных конструкций отличаются не более чем на 5 %;
- требуемые модули упругости конструкций, определенные по фактическим интенсивностям расчетного движения при соблюдении первого условия, отличаются между собой не более чем на 5 %.

После определения границ характерных участков осуществляют проверку соответствия характерных участков требованиям СНиП 2.05.02-85 по возвышению поверхности покрытия над уровнем поверхности земли. Расстояние между поперечниками назначают визуально в зависимости от фактического рельефа местности, высоты насыпи и состояния боковых канав по глубине.

Если требования СНиП 2.05.02-85 соблюдены, переходят к детальному обследованию дорожной конструкции с целью оценки ее прочности. При несоблюдении требований СНиП 2.05.02-85 сначала осуществляют устройство или углубление боковых канав и только через 1–1,5 месяца после этих работ приступают к полевым испытаниям дорожной одежды. Такой перерыв необходим для перераспределения и стабилизации влажности грунтов земляного полотна. В отдельных случаях, при соответствующем обосновании, испытания дорожных одежд могут проводиться до выполнения мероприятий по обеспечению водоотвода.

3.4. Испытание дорожных одежд нагрузкой (детальное обследование)

При детальном обследовании выполняют полевые испытания дорожных конструкций нагрузкой, включающие линейные испытания характерных участков дороги и испытания на контрольных точках для приведения одновременных результатов линейных испытаний к сопоставимому виду.

В процессе полевых испытаний используют одну из возможных последовательностей работ в зависимости от времени испытания конструкций и состояния дорожных покрытий:

- полевые испытания дорожной одежды в расчетный период года;
- полевые испытания дорожной одежды в нерасчетный период года;
- упрощенные полевые испытания.

На обследуемом участке дороги, не имеющем разделительной полосы, испытания проводят по одной стороне дороги, имеющей наибольшую степень деформирования поверхности покрытия $r_{\text{ф}}$. На участках автомобильных дорог, имеющих разделительную полосу, испытания проводят как в прямом, так и в обратном направлениях.

Полевые испытания следует начинать с испытания дорожных конструкций на контрольных точках. На каждом характерном участке выбирают одну контрольную точку в зоне развития на покрытии прочностных дефектов, характерных для рассматриваемого участка дороги. Если в пределах характерного участка не имеется явно выраженных трещин, то контрольную точку выбирают в зоне минимальных высот насыпи. Контрольные точки следует располагать на ближайшей к кромке покрытия полосе наката.

Местоположение контрольной точки должно быть уточнено в ходе проведения линейных испытаний после статистической обработки полученных результатов. Её располагают в том месте характерного участка, где фактический прогиб дорожной конструкции соответствует допускаемому проценту деформированной поверхности покрытия. Месторасположение контрольной точки должно быть отмечено на покрытии яркой водостойкой краской в виде прямоугольника размером 10–20 см, вытянутого в продольном направлении. Координаты привязки указывают в сводной ведомости, которая составляется по результатам предварительного обследования дорожных конструкций. В знаменателе записывают расстояние от контрольной точки до ближайшей кромки покрытия.

Контрольные испытания осуществляют методом статического нагружения колесом автомобиля. Для испытаний применяют грузовой двухосный автомобиль, у которого нагрузка на заднее колесо находится в пределах 30–50 кН с нормативным давлением воздуха в шинах. Шины задних колес автомобиля должны иметь дорожный или универсальный тип рисунка протектора с износом, не превышающим допустимые нормы (остаточная высота рисунка протектора должна быть более 1 мм).

При испытании дорожных конструкций автомобилем, весовые параметры которого отличаются от параметров расчетной нагрузки, полученные результаты уточняют по формуле

$$E_A = 0,36 \frac{Q_k}{l}, \quad (3.3)$$

где E_A – модуль упругости дорожной конструкции при воздействии расчетной нагрузки, МПа;

Q_k – нагрузка на колесо используемого автомобиля, кН;

l – величина измеренного обратимого прогиба, см.

Нагрузку на колесо проверяют с помощью переносных весов, обеспечивающих точность взвешивания до 0,5 кН. В случае отсутствия переносных весов можно определить нагрузку на колесо автомобиля взвешиванием на стационарных автомобильных весах. При этом автомобиль заезжает на платформу только задней осью. Искомую нагрузку определяют делением получаемого результата пополам.

Для измерения обратимых прогибов используют длинно-базовые рычажные прогибомеры (например, модели КП-204), обеспечивающие измерение прогибов с точностью не менее $\pm 0,02$ мм.

Линейные испытания дорожных одежд проводятся методами статического или кратковременного нагружения.

При использовании высокопроизводительного метода кратковременного нагружения применяют установки динамического нагружения (например, УДН-НК, Дина-3М), обеспечивающие время действия нагрузки

на дорожную одежду $t \geq 0,02$ с и погрешность измерения прогибов не более 5 %.

При одновременном использовании методов статического и кратковременного нагружения результаты линейных испытаний приводят к сопоставимому виду по формуле

$$l_{\phi} = X_1 \cdot l_{д} + X_2, \quad (3.4)$$

где X_1 и X_2 – эмпирические коэффициенты регрессионной зависимости (табл. 3.2.);

l_{ϕ} – фактический прогиб конструкции на характерном участке, соответствующий допустимому проценту деформированной поверхности покрытия (расчетной надежности дорожной одежды), при статическом нагружении расчетной нагрузкой, см;

$l_{д}$ – то же, при испытаниях установкой кратковременного нагружения, см.

Для дорожных конструкций с асфальтобетонным покрытием толщиной 5–20 см, устроенным на щебеночном основании толщиной 15–40 см, с подстилающим песчаным слоем толщиной до 50 см, уложенным на земляное полотно из песчаного, супесчаного или суглинистого грунта в различных дорожно-климатических зонах коэффициенты X_1 и X_2 назначают по табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2

Коэффициенты	X_1	X_2
Для расчётного периода	0,26	1,12
Для нерасчётного периода	0,085	1,6

На характерных участках обследуемых дорог, имеющих другие дорожные конструкции, для определения значений X_1 и X_2 проводят сопоставительные испытания. Эти испытания проводят последовательно методами статического и кратковременного нагружения на характерных участках обследуемой дороги (длиной не менее 500 м каждый), различающихся конструкцией дорожной одежды. На каждом характерном участке испытывают не менее 30 равномерно расположенных вдоль дороги точек обоими методами (табл. 3.3). По значениям фактических прогибов l_{ϕ} на характерных участках строят график регрессионной зависимости между статическими и динамическими прогибами для определения новых значений X_1 и X_2 (см. табл. 3.2).

Линейные испытания проводят равномерно по полосе наката (1,0–1,5 м от кромки покрытия) на каждом характерном участке длиной не более 1 км в объеме.

Т а б л и ц а 3.3.

Количество измерений	Расчетный уровень надежности дорожной одежды
28	0,95
20	0,85 – 0,94
12	0,75 – 0,84
10	0,5 – 0,74

Допускается при проведении испытаний характерных участков длиной $1 < L \leq 3$ км проводить испытания 30 равномерно расположенных точек на 600-метровом отрезке, находящемся в любом месте характерного участка.

Если расчетный уровень надежности обследуемой дорожной одежды не известен, то на каждом характерном участке проводят 30 испытаний. Точки испытаний, попадающие в зоны пучинообразования, выносят за пределы этих зон. Места развития пучин обследуют отдельно.

При выполнении полевых работ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности.

3.5. Полевые испытания дорожной одежды в расчетный период года

Испытание дорожной одежды на контрольных точках (контрольные испытания) начинают за 7-10 дней до начала срока ограничения движения в районе обследуемой дороги и продолжают в течение всего периода наибольшего ослабления дорожной конструкции.

Продолжительность расчетного периода в сутках T в районах с сезонным промерзанием грунта земляного полотна определяют из соотношения

$$T = h_0 / a, \quad (3.5)$$

где h_0 – глубина промерзания грунта земляного полотна, см;

a – среднесуточная скорость оттаивания, равная от 1 до 3 см/сут, рассчитываемая по скорости опускания нулевой изотермы, приведенной в климатических справочниках.

На каждой контрольной точке проводят по одному испытанию через день в период с 14⁰⁰ до 17⁰⁰. В процессе испытаний на контрольных точках следует строго следить за установкой колеса автомобиля в пределах прямоугольника, отмеченного краской на покрытии. Общая продолжительность испытаний на каждой контрольной точке должна составлять не менее 30–35 дней.

Для приведения результатов испытаний к расчетному году параллельно с испытанием контрольных точек определяют влажность грунта земляного полотна. Для этого вскрывают шурфы на обочине, непосредственно вблизи контрольных точек, и периодически (один раз в 3–5 дней), отбирают пробы

грунта из-под проезжей части для определения относительной влажности грунта активной зоны земляного полотна.

Линейные испытания в расчетный период года начинают после того, как по результатам испытаний на контрольных точках будет видна тенденция снижения их прочности во времени (увеличение прогиба под нагрузкой). При этом независимо от начала линейных испытаний следует в прежнем режиме проводить испытания на контрольных точках до тех пор, пока величина прогиба дорожной конструкции не стабилизируется у минимальных значений. Линейные испытания должны быть закончены раньше, чем испытания на контрольных точках.

3.6. Полевые испытания дорожной одежды в нерасчетный период года

В нерасчетные периоды года на каждой контрольной точке проводят одноразовое испытание дорожной конструкции с одновременным измерением температуры покрытия и определением влажности грунта земляного полотна непосредственно под дорожной одеждой в шурфе, отрытом на ближайшей обочине напротив контрольной точки.

Время между линейными испытаниями и испытаниями на контрольной точке не должно превышать двух часов. Кроме того, для каждой конструкции дорожной одежды одну из назначенных контрольных точек испытывают в течение одного дня через каждые два часа (с 8.00 до 17.00) с одновременным измерением температуры покрытия. Измерения следует проводить только при отсутствии осадков.

Полевые испытания методом нагружения колесом автомобиля проводят при температуре асфальтобетонного покрытия не выше 50 °С.

3.7. Упрощенные полевые испытания

Упрощенные полевые испытания проводят при четко различимых дефектах дорожного покрытия, характеризующих предельное состояние нежесткой дорожной одежды, с целью получения распределения прогибов дорожной одежды под нагрузкой на характерных участках обследуемой автомобильной дороги.

Линейные испытания выполняют в полном объеме. Контрольные испытания выполняют с целью приведения разновременных результатов линейных испытаний к сопоставимому виду. Линейные и контрольные испытания начинают и заканчивают одновременно.

3.8. Обработка результатов полевых испытаний

3.8.1. Обработка результатов полевых испытаний, проведенных в расчетный период года

Результаты одновременных линейных испытаний корректируют путём приведения их к сопоставимому виду. Таковую корректировку осуществляют с помощью графика изменения прогиба конструкции во времени (график «прогиб – время»), построенного по результатам ежедневных измерений прогиба на контрольных точках.

Для объективной оценки состояния дорожных конструкций в условиях непрерывного изменения их прочности во времени, а, следовательно, и неодинакового воздействия транспортных средств на дорогу, корректировку получаемых при испытаниях результатов осуществляют путем их приведения к состоянию конструкции, наиболее характерному, типичному для всего расчетного периода. Типичное состояние конструкции, характеризующее модулем упругости E_{cp} , определяют с учетом длительности различных состояний в расчетный период года:

$$E_{cp} = A - B \left(lq \sum_{i=1}^m \frac{t_{E_i}}{10^C} - 0,4 \right), \quad (3.6)$$

$$C = \frac{E_i - A + B}{B}, \quad (3.7)$$

где A и B – эмпирические коэффициенты, зависящие от типов покрытия, расчетной нагрузки, а также грунтово-гидрологических и погодных-климатических факторов;

m – количество расчетных состояний дорожной конструкции в расчетный период года;

t_{E_i} – продолжительность состояния дорожной конструкции с модулем E_i в расчетный период (определяют по графику «прогиб – время»), сут;

E_i – модуль упругости дорожной конструкции на контрольной точке в рассматриваемый момент времени, МПа.

Например, на рис. 3.3 для состояния дорожной конструкции, характеризующего модулем упругости E_1 , имеем: $t_{E_1} = t_1 + t_2$.

Модули упругости E_i рассчитывают по величинам прогибов l_{k_i} , измеренных на контрольной точке:

$$E_i = 0,36 \frac{Q_k}{l_{k_i}}. \quad (3.8)$$

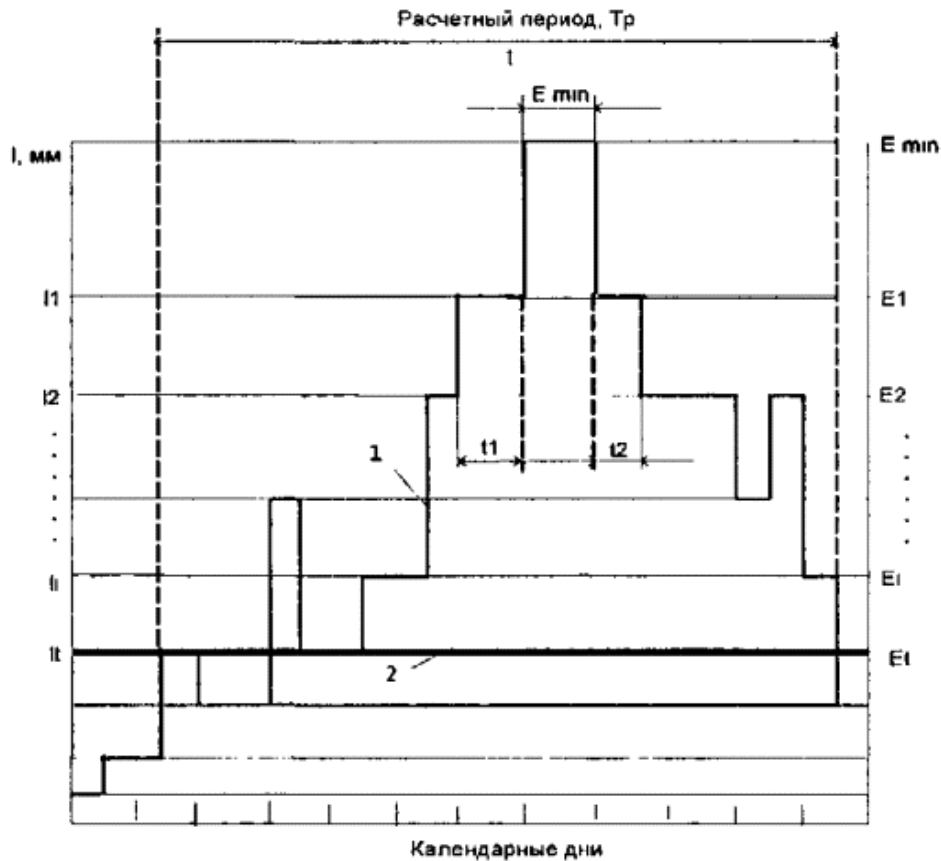


Рис. 3.2. Пример зависимости «прогиб-время» для приведения результатов линейных испытаний к сопоставимому виду:
 1 – изменение состояния дорожной конструкции во времени на контрольной точке; 2 – предельное состояние дорожной конструкции, при котором воздействие автомобилей еще существенно; E_1, E_2 и т.д. – модули упругости при различных расчетных состояниях дорожной конструкции

Для определения величины (E_{cp}) по формуле (3.6) необходимо знать границы расчетного периода (T_p). Эти границы определены условием

$$E_T = E_{Tp} + B \cdot lq(0,2 \cdot N_\phi). \quad (3.9)$$

где E_T – максимальный модуль упругости дорожной конструкции, при котором еще требуется учет воздействия фактического движения на дороге, МПа;

E_{Tp} – требуемый по условиям движения модуль упругости дорожной конструкции, определяемый с использованием формул, учитывающих снижение несущей способности конструкций во времени, МПа;

N_ϕ – приведенная к расчетной нагрузке фактическая интенсивность движения на полосу на момент проведения полевых испытаний, авт./сут,

$$N_\phi = N \cdot \sum_{j=1}^{\omega} a_j \cdot P_j; \quad (3.10)$$

здесь N – интенсивность движения транспортного потока на полосу в момент испытания дорожной конструкции, авт./сут;
 ω – количество типов автомобилей в транспортном потоке;
 a_j – коэффициент приведения рассматриваемого типа автомобиля к расчетной нагрузке;
 P_j – доля j -го типа автомобиля в составе транспортного потока (по данным учета движения на дороге).

При отсутствии необходимых данных среднее значение расчётного периода (T_p) для различных дорожно-климатических зон допускается принимать равным 25 суткам.

В случаях, когда нет отдельного учета движения по отдельным полосам, интенсивность движения на полосу определяют по формуле

$$N = N^* f_n, \quad (3.11)$$

где N^* – суммарная интенсивность движения транспортного потока на дороге, авт./сут.;

f_n – коэффициент, учитывающий количество полос движения на обследуемой дороге (определяют по табл.3.4).

Таблица 3.4

Число полос движения	1	2	3	4	6
f_n	1	0,55	0,50	0,35	0,30

Корректировку результатов линейных испытаний дорожных конструкций путем их приведения к сопоставимому виду выполняют по следующей формуле:

$$l_{pri} = l_i \cdot K_{измi} = l_i \frac{l_{cp}}{l_{K_i}}, \quad (3.12)$$

где l_{pri} – величина прогиба, приведенная к сопоставимому виду, мм;

$K_{измi}$ – коэффициент изменения прогиба во времени;

l_{cp} – прогиб дорожной конструкции на контрольной точке при характерном для всего расчетного периода состоянии, мм. Определяют его по формуле (3.3) при подстановке $E_i = E_{cp}$ и l_{cp} вместо l_{K_i} ;

l_{K_i} – прогиб дорожной конструкции на контрольной точке в момент проведения линейных испытаний, мм;

l_i – прогиб дорожной конструкции, измеренный в процессе линейных испытаний, мм.

В качестве примера по экспериментальным данным выполнены расчеты, сведённые в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Дата	Время, ч	Место испытаний, км	l_i , мм	$K_{измi} = \frac{l_{ср}}{l_{K_i}}$	$l_{при} = l_i \cdot K_{измi}$, мм
6.04	10.00	ПК 30+150	0,26	$K_{изм} = \frac{0,48}{0,27} = 1,78$	$0,26 \cdot 1,78 = 0,46$
9.04	10.10	ПК 30+200	0,35	$K_{изм} = \frac{0,48}{0,64} = 0,75$	$0,35 \cdot 1,78 = 0,62$
	10.20	ПК 30+250	0,40		$0,40 \cdot 1,78 = 0,71$
	14.30	ПК 45+050	0,80		$0,80 \cdot 0,75 = 0,60$
	14.40	ПК 45+100	0,70		$0,70 \cdot 0,75 = 0,52$
	14.50	ПК 45+150	0,60		$0,60 \cdot 0,75 = 0,45$

Распределение деформационных свойств дорожной конструкции в пределах характерного участка носит случайный характер. В этих условиях объективная оценка состояния дорожных конструкций может быть выполнена по величине фактического прогиба l_{ϕ} , соответствующего допустимому проценту деформированной поверхности покрытия. Обработку результатов линейных испытаний проводят в соответствии с нормативными требованиями.

При одновременном испытании дорожных одежд методами статического и кратковременного нагружения результаты линейных испытаний, проведенных методом кратковременного нагружения, приводят к сопоставимому виду с результатами, получаемыми статическим нагружением колесом автомобиля.

Полученные величины прогибов l_{ϕ} используют для расчета фактических модулей упругости дорожной конструкции на каждом характерном участке. Расчеты выполняют по формуле (3.3), заменяя l на l_{ϕ} и E_A на E_{ϕ} :

$$E_{\phi} = 0,36 \frac{Q_k}{l_{\phi}}. \quad (3.13)$$

Полевые испытания дорожных одежд могут быть выполнены не в расчетном году. Для корректировки полученных данных используют график «влажность – время», построенный по данным периодического (1 раз в 3–5 дней) измерения относительной влажности грунта земляного полотна (w) на обследуемых участках.

Сопоставляя графики «прогиб – время» и «влажность – время», определяют относительную влажность грунта земляного полотна w на характерном участке, соответствующую типичному для всего расчетного периода состоянию дорожной одежды. Для этого находят значения влажности w_i , соответствующие по времени точкам пересечения линии, характеризующей типичное состояние дорожной одежды l_{ϕ} , с графиком «прогиб – время». Величину (w) определяют как среднее значение из w_i .

Полученную влажность w сравнивают с влажностью грунтов расчетного года w_p . В качестве влажности грунта расчетного года принимают наиболее вероятную влажность за рассматриваемый период времени (5–15 лет) в соответствии с табл. 3.6.

Т а б л и ц а 3.6

Тип грунта	Показатель	Влажность грунта в расчетном году w_p
Супесь легкая, песок пылеватый		0,76
Суглинок пылеватый, суглинок легкий, глина		0,86

Фактические значения модулей упругости E_ϕ , рассчитанных по формуле (3.13), в случаях различия влажностей w и w_p корректируют в следующей последовательности:

– определяют модули упругости грунтов земляного полотна E_0 и E_p , соответствующие значениям влажности w и w_p ;

– находят средний модуль упругости слоев дорожной одежды E_c с помощью номограммы для послойного расчета по известным фактическим модулям упругости дорожной конструкции E_ϕ , толщине дорожной одежды и модулям упругости грунта земляного полотна E_0 при характерном состоянии конструкции.

– определяют по номограмме для послойного расчета при известных E_c и E_p модуль упругости дорожной конструкции E_ϕ^* , приведенный к расчетному году.

Если по технико-экономическим соображениям возникнет необходимость более точной оценки состояния автомобильной дорог и (например, в случаях недостаточной изученности местных региональных условий), приведение модулей упругости к расчетному году можно осуществлять с использованием данных гидрометеостанций.

Полученные значения фактических модулей упругости E_ϕ^* используют для построения графика (рис.3.3) результатов линейных испытаний дорожных конструкций, на который выносят значения модулей упругости конструкций, требуемых по условиям движения $E_{тр}$.

В результате сопоставления фактических и требуемых модулей упругости решают вопрос об участках недостаточной прочности. Если фактический модуль упругости дорожной конструкции превышает или равен требуемому модулю упругости, то участок дороги можно отнести к прочным участкам. Если фактический модуль упругости окажется меньше требуемого, то участок имеет недостаточную прочность.

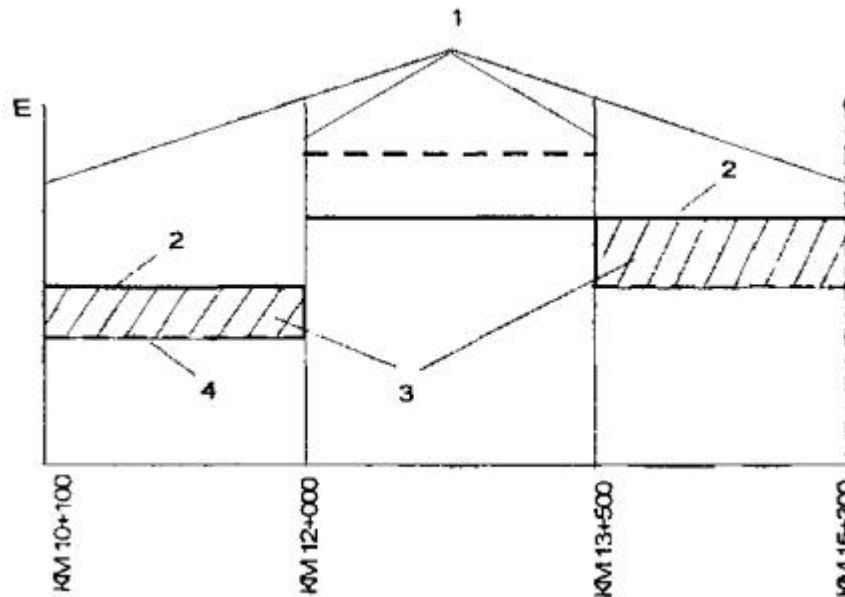


Рис. 3.3. График результатов испытаний дорожной одежды:
 1 – границы характерных участков; 2 – линия требуемого модуля упругости дорожной конструкции на характерном участке; 3 – участки недостаточной прочности; E – модуль упругости дорожной конструкции;
 4 – эпюра приведенных фактических модулей упругости E_{ϕ}^*

По соответствующим нормативным требованиям выполняется обработка результатов испытаний, проведенных в нерасчетные периоды года и результатов упрощенных полевых испытаний, по итогам которых, осуществляется назначение требуемой прочности дорожных одежд.

3.8.2. Назначение требуемой прочности нежестких дорожных одежд

Требуемую прочность дорожных одежд определяют применительно к следующим задачам, решаемым в практической деятельности дорожных организаций:

- оценка прочности дорожной одежды для расчёта толщины слоев усиления при разработке проектов на ремонт и реконструкцию автомобильных дорог;
- оценка прочности дорожной одежды в процессе эксплуатации автомобильных дорог (в том числе при диагностике, паспортизации и инвентаризации автомобильных дорог, временном ограничении дорожного движения, при пропуске транспортных средств, перевозящих тяжеловесные грузы);
- оценка качества строительных и ремонтных работ.

В общем случае требуемый модуль упругости дорожных одежд и земляного полотна определяют по формуле

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{min}} K_{\text{пр}} K_{\text{рег}} K_{\text{си}} K_z \frac{1}{X_j}, \quad (3.14)$$

где X_j – параметр, зависящий от допускаемой вероятности повреждения покрытий.

Для случая роста интенсивности движения во времени в соответствии с законом геометрической прогрессии

$$E_{\min} = A + B \left[lq \left(\gamma \omega N_1 \cdot \omega \cdot N_1 \frac{q^{t_i} - 1}{q - 1} - 1 \right) \right], \quad (3.15)$$

где A и B – эмпирические коэффициенты, принимаемые для расчётной нагрузки: $A = 125$ МПа; $B = 68$ МПа;

γ – параметр, учитывающий суммарное число приложений расчётной нагрузки и принимаемый для усовершенствованных капитальных, облегченных и переходных одежд соответственно: $\gamma = 0,12$; $\gamma = 0,148$; $\gamma = 0,171$;

ω – коэффициент, учитывающий продолжительность расчётного периода и агрессивность воздействия расчётных автомобилей в разных погодных-климатических условиях (принимают по нормативным значениям);

N_1 – среднесуточная интенсивность движения на полосу в расчётный период 1-го года эксплуатации, приведенная к расчётным автомобилям, авт./сут,

$$N_1 = N_{\phi} q; \quad (3.16)$$

где q – показатель роста интенсивности движения (нормативное значение);

t_i – расчётный период эксплуатации дорожной одежды, годы.

Независимо от результата, полученного по формуле (3.15), величина E_{\min} должна быть не менее указанной в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Категория дороги	E_{\min}		
	Капитальные	Облегчённые	Переходные
I	230	-	-
II	220	210	-
III	200	200	-
IV	-	150	100
V	-	100	50

Для случаев изменения интенсивности движения во времени по линейной закономерности либо при постоянной интенсивности движения величину требуемого модуля определяют по формуле

$$E_{\min} = A + B \left[lq \left(\gamma \omega N_1 \cdot \omega \cdot N_1 (1,1^Y - 1) \right) \right]. \quad (3.17)$$

При линейной закономерности изменения интенсивности движения автомобилей во времени временной параметр Y выражают формулой

$$Y = 24,2lq \left\{ 0,1t_i \left[1 + \frac{\xi(t_i - 1)}{2N_1} \right] \right\}, \quad (3.18)$$

где ξ – показатель роста интенсивности движения при линейном изменении ее во времени.

При постоянной интенсивности движения автомобилей временной параметр Y находят по формуле

$$Y = 24,2lq(0,1t_i + 1). \quad (3.19)$$

Для случаев, описанных в формулах (3.18) и (3.19), справедливо соотношение

$$N_1 = N_\phi. \quad (3.20)$$

Для оценки прочности дорожной одежды при приемке дорог в эксплуатацию требуемый модуль упругости дорожной конструкции определяют в соответствии с формулой

$$E_{\text{тр}} = E'_{\text{эке}} \frac{1}{X_j}. \quad (3.21)$$

При оценке прочности автомобильных дорог, находящихся в эксплуатации, требуемые модули упругости рассчитывают по известным выше формулам при

$$t_i = T_p - t_\phi, \quad (3.22)$$

где T_p – проектный, расчетный срок службы дорожной одежды, годы;

t_ϕ – фактический период эксплуатации от момента строительства или последнего ремонта дорожной одежды до момента обследования дороги, годы.

Если на момент обследования дороги оставшийся период эксплуатации составляет не более года (т.е. $t_\phi \approx T_p$) или ($E_\phi < E_{\text{тр}t}$), то необходимо выполнить усиление дорожной одежды. Слои усиления рассчитывают на оптимальную перспективу и надежность дорожной одежды. Для этого требуемый модуль упругости рассчитывают по известным выше формулам при

$$t_i = T_0, \quad (3.23)$$

где T_0 – нормативный срок службы дорожной одежды, годы.

$E_{\text{тр}t}$ – требуемый модуль упругости дорожной конструкции в t -й момент времени.

Нормативный срок службы дорожной одежды и соответствующий ему нормативный уровень надежности конструкции принимают по установленным значениям.

Если нормативный уровень надежности усиливаемой конструкции отличается от проектного уровня надежности обследованной дорожной одежды, то, прежде чем осуществлять расчет усиления, необходимо уточнить фактический модуль упругости существующей дорожной одежды. Для этого используют имеющиеся распределения и кумулятивные кривые прогибов на характерных участках дороги. Уточненный фактический прогиб конструкции l_{ϕ} определяют при новом уровне надежности, принятом для конструкции усиления. Последовательность остальных вычислений не отличается от последовательности вычислений, принятой ранее.

Для случаев, когда не имеется данных о расчетных (проектных) сроках службы дорожной одежды, требуемые модули упругости дорожной конструкции определяют с использованием условия (3.23).

Контрольные вопросы

1. Объясните цель проведения обследования дорожных одежд.
2. Раскройте содержание основных этапов проведения полевых работ.
3. Когда начинают подготовку к детальному обследованию участков с неудовлетворительной ровностью или высокой степенью деформированности дорожного покрытия?
4. Что анализируют при подготовке к детальному обследованию?
5. Какие испытания выполняют при детальном обследовании дорожных конструкций?
6. Раскройте содержание процедуры выполнения полевых испытаний дорожной одежды в расчетный и нерасчетный периоды года.
7. С какой целью проводятся упрощенные полевые испытания?
8. Рассмотрите основные этапы обработки результатов полевых испытаний, проведенных в расчетный период года.
9. Какие задачи решаются по результатам определения требуемой прочности дорожных одежд?

4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

4.1. Методы конструирования и расчета слоев усиления дорожной одежды

Вопрос об усилении дорожной одежды рассматривается всегда, когда ее фактический модуль упругости E_f , определенный в результате полевых испытаний, оказывается меньше требуемого по условиям движения $E_{тр}$.

Способ повышения прочности дорожной одежды выбирают в результате технико-экономического сравнения вариантов. При использовании фрезерования дорожного покрытия в расчетах используют значения фактической прочности дорожной одежды, полученные после фрезерования. Если на момент проведения обследований фактический модуль упругости больше требуемого ($E_f > E_{тр}$), а ровность покрытия неудовлетворительная, осуществляют укладку выравнивающего слоя с обеспечением сцепных свойств поверхности дорожного покрытия.

Тип покрытия при назначении слоев усиления выбирают с учетом перспективной интенсивности движения автомобилей.

Верхний слой усиления дорожной одежды по прочностным характеристикам не должен уступать существующему покрытию. Например, при существующем асфальтобетонном покрытии верхний слой усиления также должен быть из асфальтобетона.

В результате технико-экономического обоснования вместо усовершенствованных облегченных или переходных дорожных покрытий могут быть назначены более совершенные покрытия. Материал дорожного покрытия должен обеспечивать требуемые сцепные свойства и обладать устойчивостью к возникновению сдвигов, наплывов, келейности и волн при высоких температурах.

Общая толщина слоев усиления не должна быть меньше величин, указанных в табл. 4.1. Во всех случаях толщина каждого слоя должна не менее чем в 1,5 раза превышать размер наиболее крупных частиц каменного материала, из которого изготовлен данный слой.

Т а б л и ц а 4.1

Минимальные толщины слоев усиления

Материал слоев усиления	Толщина слоев усиления, см	Материал слоев усиления	Толщина слоев усиления, см
1	2	3	4
Асфальтобетон:		Щебеночные и гравийные материалы, обработанные цементом на твердом основании	8
крупнозернистый	6 – 7		
мелкозернистый	3 – 5		

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4
песчаный	3 – 4	Грунты, обработанные органическим вяжущим способом смешения на дороге	6
холодный	3		
Щебеночные и гравийные материалы, обработанные органическим вяжущим в установке и смешением на дороге	5		
Щебень, обработанный органическим вяжущим способом пропитки	8	Минеральные материалы, не обработанные вяжущим, на:	
		- щебёночном слое	8
		- гравийном слое	10
		- песчаном слое	15

Примечание. Большие из значений толщин асфальтобетонных покрытий даны для дорог I–II категорий, а меньшие – для дорог III–IV категорий.

Расчет толщины слоев усиления ведут по установленному соотношению ($E_{тр}/E_{ф}$), используя номограмму (рис 1.11). При использовании номограммы сначала назначают модули упругости слоев усиления E_1 по ОДН218.046-01, затем рассчитывают соотношения ($E_{ф}/E_1$) и ($E_{тр}/E_1$).

Откладывают полученное соотношение ($E_{ф}/E_1$) на оси ординат, проводят горизонталь до пересечения с наклонной линией, характеризующей соотношением ($E_{тр}/E_1$). Из точки пересечения опускают вертикаль до пересечения с осью абсцисс, где находят соотношение ($X = h / D$). Используя расчетный диаметр отпечатка колеса (D), определяют искомую толщину слоя усиления.

$$h = XD. \quad (4.1)$$

Если по расчету необходимо однослойное усиление и толщина слоя усиления меньше его величины, указанной в табл. 4.1, но больше половины этой величины, то следует принять толщину слоя усиления по табл. 4.1 или рассмотреть вариант укладки материала, позволяющего делать более тонкие слои. Например, вместо гравия, обработанного органическим вяжущим, следует укладывать холодную асфальтобетонную смесь. Выбор варианта осуществляют по результатам технико-экономического обоснования.

Если по расчету толщина слоя усиления из материала, обработанного органическим вяжущим, получилась менее половины величины, указанной в табл. 4.1, то достаточно провести поверхностную обработку существующего покрытия после соответствующего ямочного ремонта.

При проектировании усиления дорожной одежды капитального, облегченного или переходного типа, находящейся в неудовлетворительном состоянии по ровности, минимальную толщину слоя усиления h из мате-

риала, содержащего органическое вяжущее, назначают с учетом перспективной интенсивности движения на полосу N_t , приведенной к расчетным нагрузкам:

Т а б л и ц а 4.2

N_t , авт./сут	100	200	500	1000	2000	5000	> 5000
h , см	7	8	10	12	13	15	17

В случаях, если полученная расчетом толщина слоя усиления больше, указанной в табл. 4.2, нижнюю часть его следует предусматривать из менее прочного и дорогостоящего материала, чем асфальтобетон (см. табл.4.3).

Величину N_t определяют по формулам:

- для случая роста интенсивности движения во времени в соответствии с законом геометрической прогрессии

$$N_t = \gamma \cdot \omega \cdot N_1 \frac{q^{t_i} - 1}{q - 1}; \quad (4.2)$$

- для случаев изменения интенсивности движения во времени по линейной закономерности либо при постоянной интенсивности движения

$$N_t = \gamma \cdot \omega \cdot N_1 \cdot (1,1^y - 1). \quad (4.3)$$

Т а б л и ц а 4.3

Существующее покрытие	Материалы, рекомендуемые для нижней части слоя усиления				
	Гравий	Щебень	Грунт, укрепленный вяжущим	Гравий или щебень, укрепленный вяжущим	Гравий или щебень с гранулированным шлаком
Гравийное, не обработанное вяжущим	+	+	-	+	+
Щебеночное, не обработанное вяжущим, булыжная мостовая, мостовая из брусчатки и мозаики	-	+	-	+	+
Цементогрунтовое с поверхностной обработкой и без нее	-	-	+	+	+
Из гравийных и щебеночных смесей, обработанных органическим вяжущим, асфальтобетон	-	-	-	+	+

Если толщина нижнего слоя, не содержащего органическое вяжущее, меньше предусмотренного в табл. 4.1, то этот слой должен быть заменен за счет утолщения вышележащего слоя, содержащего органическое вяжущее.

В случае применения в нижнем слое усиления грунта, гравия или щебня, укрепленных неорганическими вяжущими (цементом и др.), во избежание появления большого количества трещин на покрытии, построенном с использованием органического вяжущего, оно должно иметь толщину не менее 12 см. Если при этом по расчету толщина верхних слоев меньше 12 см, то материал, укрепленный неорганическим вяжущим, необходимо заменить материалом верхних слоев путем их соответствующего утолщения.

Материалы, необработанные вяжущим, можно укладывать в нижнюю часть слоев усиления только в том случае, если под ними расположены слои из водопроницаемого материала (гравия, щебня). В противном случае в этих слоях, оказавшихся между водонепроницаемыми материалами, произойдет влагонакопление, что ускорит их разрушение при промерзании и потерю прочности в расчетный период. Исключение составляют участки дорог, расположенные в местах, где отсутствует сезонное промерзание дорожных одежд.

4.2. Ограничение движения автомобилей на дорогах в период наибольшего ослабления дорожных конструкций

На участках автомобильных дорог с недостаточной прочностью дорожной одежды ($E_{\phi} < E_{гр}$) ограничение движения транспортных средств требуется в тех случаях, когда по технико-экономическим соображениям устройство слоев усиления не является эффективным мероприятием или когда не имеется возможностей для усиления дорожных конструкций в год проведения полевых испытаний. Начало и окончание периода ограничения движения транспортных средств определяют по результатам испытаний на контрольных точках. Допускается определять сроки начала и окончания периода ограничения движения транспортных средств по температуре грунта земляного полотна.

Движение ограничивают из условия обеспечения работоспособности конструкции в пределах расчетного срока службы дорожной одежды или до планируемого начала производства работ по ее усилению. В этих случаях движение следует ограничивать ежегодно в период наибольшего ослабления дорожной конструкции.

Допустимую интенсивность движения расчетных нагрузок N_d в первый год после проведения полевых испытаний для наиболее вероятного закона роста интенсивности движения рассчитывают по формуле

$$N_d = \frac{10^M (q-1)}{\gamma \cdot \omega (q^{t_{\text{ост}}} - 1)}, \quad (4.4)$$

где $M = \frac{E_i - A}{B} + 1$;

$$E_i = \frac{E_{\phi} \cdot X_i}{K_{\text{си}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{рег}} \cdot K_z},$$

$t_{\text{ост}}$ – время до планируемого начала работ по усилению дорожной одежды или время в пределах оставшегося периода эксплуатации дорожной одежды до ремонта ($t_{\text{ост}} = T_p - t_{\phi}$).

Допустимую интенсивность движения сопоставляют с фактической интенсивностью в первый год после проведения полевых испытаний. Дорожные знаки, ограничивающие осевые нагрузки транспортных средств в период сезонного ограничения движения, должны соответствовать наибольшим осевым нагрузкам грузовых автомобилей, допускаемых для проезда по недостаточно прочным участкам. Определение типов этих автомобилей осуществляют методом последовательного исключения из состава движения отдельных автомобилей, добиваясь примерного равенства допустимой и фактической интенсивности движения N_{ϕ} , приведенной к расчетным нагрузкам:

$$N_d = f \cdot N_{\phi} \sum_1^{\omega} a_j \cdot p_j, \quad (4.5)$$

где f – коэффициент полосности (см. табл. 3.4).

С целью получения наибольшего эффекта следует в первую очередь исключать из состава движения на дороге тяжелые транспортные средства, оказывающие наиболее разрушающее воздействие на дорожную одежду.

Допустимую интенсивность движения расчетной нагрузки в любой год эксплуатации после проведения полевых испытаний определяют с учетом роста движения во времени по формуле

$$N_{дi} = N_d q^{t_i - 1}, \quad (4.6)$$

где $t_i = 1; 2; 3 \dots t$.

Например, в первый год после полевых испытаний ($t_i = 1$), $N_{дi} = N_d$.

Пример. Рассчитаем состав движения, допустимый в первый год после проведения полевых испытаний дорожных одежд капитального типа.

Фактическая интенсивность движения транспортного потока на полосу движения в первый год после проведения полевых испытаний составила $N=3500$ авт./сут при коэффициенте полосности 0,5. В транспортном потоке 20 % автомобилей типа МАЗ-500, 30 % - типа ЗИЛ-130 и 20 % – типа ГАЗ-53. Остальные – легковые автомобили. Допускаемую интенсивность движения расчетных нагрузок N_d в первый год после проведения полевых испытаний рассчитывают по формуле (4.2) ($N_d = 900$ авт./сут). Показатель роста интенсивности дорожного движения равен $q=1,1$. Коэффициенты приведения в зависимости от типа дорожной одежды равны: $\alpha_{мдз} = 1$; $\alpha_{зил} = 0,23$; $\alpha_{гдз} = 0,02$.

Рассчитываем фактическую приведенную интенсивность движения на полосу в первый год после полевых испытаний по формуле (4.4):

$$N_i = N_1 = 3500(1 \cdot 0,2 + 0,23 \cdot 0,3 + 0,02 \cdot 0,2) \cdot 1,1 = \\ = 3500(0,2 + 0,069 + 0,004) \cdot 1,1 = 1051 \text{ авт./сут, т.е. } N_1 = 1051 > N_d = 900 \text{ авт./сут.}$$

Уберем из состава движения автомобили МАЗ-500, тогда $N_i = 3500(0,069 + 0,004) \cdot 1,1 = 281$ авт./сут $< N_d = 900$ авт./сут.

Следовательно, на дороге целесообразно ограничить только часть автомобилей МАЗ-500.

Расчеты показывают, что для обеспечения равенства по формуле (4.4) достаточно в составе движения оставить 16 % автомобилей МАЗ-500.

Для определения начала ограничения движения осуществляют испытания одежд на контрольных точках соответствующего участка дороги. Ограничение движения осуществляют в момент, когда $E_i \leq E_T$ (значение величины E_T определяют по формуле (3.9)). Ограничение движения отменяют, когда $E_i > E_T$.

Возможны случаи, когда по тем или иным причинам не удастся усилить дорожную конструкцию в год проведения её испытаний. В таких случаях значения фактических модулей упругости E_ϕ дорожной конструкции, полученных в результате испытаний, должны быть пересчитаны с учетом их снижения в процессе службы дороги до момента работ по усилению.

На участках с недостаточной прочностью дорожных конструкций в случае возникновения задержек с проведением работ по усилению дорожных одежд должно быть предусмотрено ограничение движения транспортных средств из условия обеспечения необходимой работоспособности конструкций в пределах расчетного срока службы.

Контрольные вопросы

1. В каком случае рассматривается вопрос об усилении дорожной одежды?
2. В результате анализа каких данных выбирают способ повышения прочности дорожной одежды?
3. По какому соотношению ведут расчет толщины слоев усиления дорожной одежды?
4. В каком случае можно укладывать дорожные материалы, необработанные вяжущим, в нижнюю часть слоев усиления?
5. В каких случаях требуется ограничение движения транспортных средств на участках автомобильных дорог с недостаточной прочностью дорожной одежды?
6. По какой формуле рассчитывают допустимую интенсивность движения расчетных нагрузок с учетом роста движения во времени в первый год после проведения полевых испытаний?
7. Исходя из какого условия должно быть предусмотрено ограничение движения транспортных средств на участках с недостаточной прочностью дорожных конструкций?

5. МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И УКРЕПЛЕНИЯ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

5.1. Общие положения

Работу по устройству слоев дорожной одежды следует производить только на готовом и принятом в установленном порядке непереувлажненном и недеформированном земляном полотне.

Покрытие и основание с использованием вяжущих материалов следует устраивать на сухом и чистом нижележащем слое, а при использовании органических вяжущих материалов, кроме того, – на непромерзшем слое.

Устройство слоев дорожной одежды в зимнее время разрешается только по земляному полотну, полностью законченному и принятому до наступления отрицательных температур, за исключением строительства в условиях вечной мерзлоты и двухстадийного строительства.

Перед началом работ по устройству слоев дорожной одежды в зимнее время земляное полотно или нижележащий слой должны быть очищены от снега и льда на участке сменной захватки. В снегопад и метель работы по устройству дорожной одежды не допускаются.

Подбор составов смесей для устройства оснований и покрытий следует производить в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов к этим материалам.

Уплотнение катками слоев земляного полотна, оснований и покрытий необходимо осуществлять от краев к середине, при этом каждый след от предыдущего прохода катка должен перекрываться при последующем проходе не менее чем на $1/3$.

Число проходов катка и толщину уплотняемого слоя с учетом коэффициента запаса на уплотнение материалов следует устанавливать по результатам пробного уплотнения. Результаты пробного уплотнения необходимо заносить в общий журнал работ.

При операционном контроле качества работ по устройству дорожной одежды следует контролировать по каждому укладываемому слою не реже чем через каждые 100 м:

- высотные отметки по оси дороги;
- ширину;
- толщину слоя уплотненного материала по его оси;
- поперечный уклон;
- ровность (просвет под рейкой длиной 3 м на расстоянии 0,75-1 м от каждой кромки покрытия (основания) в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга).

При уширении проезжей части автомобильных дорог в случае их реконструкции следует обеспечивать плотное и ровное сопряжение укладываемых слоев с существующей дорожной одеждой.

5.2. Сооружение земляного полотна

Насыпи высотой более 3 м из пылеватых и тяжелых глинистых грунтов должны быть закончены, как правило, за год до устройства асфальто- и цементобетонных покрытий, покрытий и оснований, устраиваемых с применением вязких битумов, а также из материалов, укрепленных цементом.

При строительстве насыпей на слабых основаниях, использовании в земляном полотне переувлажненных или заторфованных грунтов, оттаивающих мерзлых грунтов, а также при сооружении земляного полотна полностью в зимнее время до устройства покрытий и оснований, должен быть установлен технологический перерыв для стабилизации земляного полотна.

Во время технологического перерыва допускается организация движения построечного транспорта с установлением необходимых ограничений по скорости и величине нагрузки.

После окончания технологического перерыва поверхность земляного полотна должна быть спланирована и при необходимости произведены досыпка и уплотнение.

Подготовка основания земляного полотна. Плодородный грунт должен быть снят на установленную проектом толщину со всей поверхности, занимаемой земляным полотном, резервами и другими сооружениями и сложен в валы вдоль границ дорожной полосы или в штабели в специально отведенных местах.

Поверхность основания насыпи должна быть полностью освобождена от камней и комьев, диаметр которых превышает $2/3$ толщины устраиваемого слоя, а также от посторонних предметов.

Поверхность основания должна быть выровнена. В не дренирующих грунтах поверхности придается двускатный или односкатный поперечный уклон. Ямы, траншеи, котлованы и другие местные понижения, в которых может застаиваться вода, в процессе выравнивания поверхности засыпаются не дренирующим грунтом с его уплотнением.

Уплотнение основания насыпей и выемок на требуемую глубину следует выполнять непосредственно перед устройством вышележащих слоев. Если требуемая глубина уплотнения превышает толщину слоя, эффективно уплотняемого имеющимися средствами, излишний слой грунта снимают, перемещают на другую захватку или во временный кавальер и уплотняют нижний слой, затем удаленный грунт возвращают на уплотненный нижний слой основания и уплотняют до требуемой плотности.

При уширении существующих насыпей в процессе реконструкции дороги поверхность откосов должна быть разрыхлена, на откосах насыпей высотой более 2 м устроены уступы шириной не менее 2 м.

Разработка выемок и возведение насыпей. Разработку выемок и резервов следует начинать, как правило, с пониженных мест рельефа. В процессе строительства должен быть обеспечен постоянный отвод поверхностных вод из всей зоны производства работ.

Использование в одном слое насыпи разных видов грунтов не допускается, за исключением случаев, когда такое решение специально предусмотрено проектом. При изменении вида грунта в месте его разработки слои разных видов следует сопрягать по типу выклинивания.

Каждый слой следует разравнивать, соблюдая проектный продольный уклон. Перед уплотнением поверхность отсыпаемого слоя должна быть спланирована под двускатный или односкатный поперечный профиль с уклоном 20-40‰ к бровкам земляного полотна.

Плотность грунта после уплотнения слоя не должна быть меньше установленной нормативными требованиями.

Уплотнение рыхлых глинистых грунтов следует, как правило, начинать кулачковыми, решетчатыми катками или катками на пневматических шинах с неполной балластной нагрузкой (массой 10-16 т) и заканчивать – катками на пневматических шинах массой 25 т и более или самоходными вибрационными катками массой 16 т и более.

Уплотнение грунтов следует производить при близкой к оптимальной влажности.

Влажность грунтов, уплотняемых катками на пневматических шинах, по отношению к оптимальному значению, определенному по ГОСТ 22733-2002, не должна выходить за пределы нормативных требований.

При уплотнении песчаных грунтов виброкатками следует проверять возможность достижения требуемой плотности при их естественной влажности.

При использовании грунтов, имеющих влажность более допустимых значений, следует предусматривать просушивание грунта различными способами. Например, естественным способом, введением песка, сухого малосвязного грунта, шлаков, неактивных зол, укладываемых в виде дренирующих слоев или водопоглощающих прослоек, а также активных добавок (известь, золы уноса, гипс и др.), применяемых для осушения глинистых грунтов в основании и верхней части земляного полотна.

Уплотнение просадочных и полупросадочных грунтов на проектную глубину следует производить трамбованием с последующей укаткой.

При использовании в качестве материала для возведения земляного полотна отходов горнорудной, угледобывающей промышленности, зол, шлаков, строительных и бытовых отходов уплотнение их следует

осуществлять, как правило, тяжелыми вибрационными или решетчатыми катками и трамбующими машинами.

При применении пылеобразующих отходов необходимо при производстве работ принимать меры по обеспыливанию (полив водой или закрепляющими растворами). Перед уплотнением горелые породы должны быть нейтрализованы поливом водой и выдерживанием в течение суток.

Отделочные и укрепительные работы. Окончательную планировку поверхности земляного полотна с приданием установленных проектом поперечных уклонов и доуплотнение поверхностного слоя, планировку и укрепление откосов следует производить сразу после окончания возведения земляного полотна.

Планировку и укрепление обочин необходимо выполнять вслед за устройством дорожной одежды. При этом следует ликвидировать все временные въезды и съезды.

Водоотводные каналы и кюветы необходимо укреплять сразу же по мере их устройства.

Планировку и укрепление откосов высоких насыпей и глубоких выемок (включая устройство дренажей) следует производить сразу же после окончания сооружения их отдельных частей (ярусов).

При укреплении откосов путем посева трав по слою растительного грунта необходимо откосы выемок, разработанных в плотных глинистых грунтах, разрыхлять перед укладкой растительного грунта на глубину 10-15 см.

Гидропосев многолетних трав следует производить на предварительно увлажненную поверхность откосов или обочин.

При укреплении откосов сборными решетчатыми конструкциями их монтаж необходимо выполнить снизу вверх после устройства упорной бетонной бермы. По окончании монтажа необходимо заполнить ячейки растительным грунтом (с последующим посевом трав), каменными материалами или грунтом, обработанным вяжущим.

Укрепление откосов с использованием геотекстиля, в том числе и с обработкой его вяжущим, следует выполнять в таком порядке: планировка поверхности укрепляемого откоса; укладка полотна геотекстиля с закреплением его кромок штырями или присыпкой валиком из песка; поливка полотна вяжущим, например, битумной эмульсией; посыпка песком.

При укреплении подтопляемых откосов, конусов, дамб сборными плитами предварительно должен быть уложен материал обратного фильтра или выравнивающего слоя. Плиты необходимо укладывать снизу вверх. В зимний период подготовленная поверхность откоса должна быть очищена от снега и льда.

При укреплении откосов гибкими бесфильтровыми железобетонными покрытиями из блоков их следует укладывать на откосе снизу вверх в притык друг к другу.

При укреплении откосов цементобетоном методом пневмонабрызга предварительно необходимо уложить металлическую сетку и закрепить ее анкерами. Набрызг следует выполнять снизу вверх с последующим уходом за цементобетоном.

При устройстве обочин необходимо устранить деформации земляного полотна по всей площади обочин, досыпать грунт до установленного проектом уровня, спланировать и уплотнить.

Земляные работы в зимних условиях. В зимний период разрешается выполнять разработку выемок и резервов в необводненных песках, гравийно-галечных и скальных грунтах; в глинистых грунтах при нормативных значениях влажности, разработку выемок глубиной более 3 м; возведение насыпи из сосредоточенных резервов; устройство насыпи из песчаных грунтов на болотах; выторфовывание; укрепление откосов насыпей регуляционных сооружений и русел рек каменной отсыпкой, бетонными плитами и т.п.; устройство глубоких дренажных прорезей.

Для возведения насыпи в зимнее время применяют без ограничений скальные, крупнообломочные грунты и пески (непылеватые). Применение глинистых грунтов и пылеватых песков допускается при влажности не более оптимальной. Применение глинистых грунтов повышенной влажности допускается только при выполнении в соответствии с проектом мероприятий по обеспечению необходимой устойчивости земляного полотна.

Глинистые грунты повышенной влажности следует применять только в талом виде.

Основание под насыпь должно быть подготовлено в летнее время, а перед началом возведения насыпи тщательно очищено от снега и льда. При возведении насыпи на сильнопучинистых грунтах в районах с глубиной промерзания более 1,5 м нижние слои (1,2-1,5 м) следует устраивать до наступления устойчивых отрицательных температур воздуха.

Размер мерзлых комьев при возведении насыпей не должен превышать 30 см при уплотнении грунтов решетчатыми катками или трамбуемыми машинами и 15 см при уплотнении грунтов катками на пневматических шинах и вибрационными катками. Укладывать мерзлые комья грунта допускается на расстоянии не ближе 1 м от поверхности откосов. Общее количество мерзлого грунта не должно превышать 30 % общего объема грунта, укладываемого в насыпь, при уплотнении трамбованием и 20 % при уплотнении укаткой. Мерзлый грунт должен равномерно распределяться в теле насыпи.

Высоту насыпи, возводимой в зимнее время из глинистых и песчаных грунтов с включением мерзлых комьев, необходимо увеличить на 3 % от толщины слоя зимней отсыпки.

Уплотнение грунтов до требуемой плотности следует производить до их замерзания.

Возведение земляного полотна на болотах. При возведении земляного полотна на болотах необходимо производить замену слабого грунта в основании насыпи или его выторфовывание.

Выторфовывание следует производить, как правило, в зимнее время с заблаговременной подготовкой и содержанием путей для перемещения экскаватора и транспортирования грунта.

Посадку насыпи на прочное основание на болотах необходимо выполнять методом выдавливания торфа весом насыпи. Для облегчения выдавливания следует производить рыхление торфа механическим или взрывным способом, устраивать торфоприемники (траншеи вдоль подошвы насыпи), отсыпать насыпь узким фронтом (способ перегрузки), а также осуществлять воздействие виброударной и ударной нагрузкой.

Насыпь при этом следует возводить сразу на полную расчетную высоту.

При сооружении насыпей с использованием в их основании сжимаемых грунтов должна быть обеспечена требуемая толщина отсыпки.

При отсыпке насыпи на слабом основании по специально установленному режиму (метод предварительной консолидации) каждый последующий слой устраивается после достижения грунтом основания прочности, достаточной для восприятия дополнительной нагрузки.

В процессе консолидации основания необходимо осуществлять наблюдение за осадкой насыпи для уточнения объема досыпки или снятия излишков грунта и оценки возможности устройства покрытия.

При наличии пней, кочек, углублений, воды на поверхности основания насыпи перед укладкой геотекстиля следует отсыпать песчаный выравнивающий слой, толщина которого должна быть равна величине неровностей.

Разработка выемок в скальных грунтах и сооружение насыпей из крупнообломочных грунтов. Максимальный размер крупных включений в грунте, используемом для сооружения слоев насыпи, не должен превышать $2/3$ толщины уплотняемого слоя.

Уплотнять крупнообломочные грунты, содержащие более 30 % глинистых фракций, следует при влажности, не превышающей допустимых значений для тяжелых супесей и легких суглинков, а при содержании глинистых фракций менее 30 % – при влажности, не превышающей допустимых значений для легких и пылеватых супесей.

При уплотнении легко выветривающихся и размягчаемых крупнообломочных грунтов влажность мелких фракций должна быть не выше 1,2 оптимальной.

Защитные слои из глинистого грунта на откосах следует устраивать в процессе сооружения основной части насыпи.

При использовании крупнообломочных грунтов, склонных к быстрому размоканию, во время строительства следует принимать меры по предупреждению их избыточного увлажнения от дождя или поверхностного стока, перекрывая водозащитными слоями и устраивая строительный водоотвод.

Возведение земляного полотна на засоленных грунтах. Устройство земляного полотна на засоленных грунтах при высоком уровне грунтовых вод необходимо производить в период, когда их влажность соответствует нормативным требованиям.

Верхний рыхлый слой засоленного грунта, перенасыщенный солями, и солевые корки толщиной более 3 см следует удалять с поверхности резервов и основания насыпи перед ее возведением.

Для возведения насыпей на засоленных грунтах при высоком уровне грунтовых вод и глубине резервов не более 0,5-0,6 м следует использовать бульдозеры и автогрейдеры. Применение грейдер – элеваторов для возведения насыпей на солончаках допускается в случае расположения уровня грунтовых вод не ближе 1 м от поверхности земли.

Отсыпку насыпи из привозного грунта на мокрых солончаках следует вести способом «от себя».

Возведение земляного полотна в песчаных пустынях. Земляное полотно в песчаных пустынях следует возводить, как правило, в зимне-весенний период.

Возведение насыпей в подвижных барханных песках путем поперечного перемещения песка с придорожных полос на расстояние до 30 м следует производить бульдозерами, оборудованными отвалами с увеличенными боковыми стенками.

При возведении насыпей на солончаках, покрытых мелкими песчаными барханами, при близких грунтовых водах допускается использовать бульдозеры при перемещении песка на расстояние до 100 м, с устройством промежуточных валов.

При строительстве дорог в песках, покрытых растительностью, необходимо принимать меры против ее повреждения, нарушения рельефа и разрыхления поверхности песков.

Устройство защитного слоя и укрепление откосов следует производить вслед за возведением насыпи из песка. Защитные слои из песка, укрепленного вяжущими материалами, необходимо устраивать согласно прави-

лам укрепления грунтов, как правило, путем смешения непосредственно на земляном полотне.

Защитный слой на земляное полотно следует укладывать по способу «от себя».

Земляное полотно из песка следует возводить непрерывно. Законченные участки земляного полотна и прилегающие к ним пески необходимо сразу же укреплять.

Возведение земляного полотна в районах вечной мерзлоты. При возведении земляного полотна, запроектированного по принципу использования при эксплуатации дороги грунтов основания земляного полотна в мерзлом состоянии, следует производить отсыпку насыпи после промерзания сезонно оттаивающего слоя не менее чем на 30 см. Ускорение промерзания достигается очисткой дорожной полосы от снега. При очистке не допускается нарушение мохорастительного покрова.

Толщина слоя насыпи, отсыпанного в зимнее время по промерзшему основанию, должна быть не меньше глубины его сезонного оттаивания. Верхнюю часть насыпи следует, как правило, отсыпать в теплое время года из не мерзлых грунтов.

При возведении земляного полотна, запроектированного по принципу использования при эксплуатации дороги грунтов основания земляного полотна в оттаивающем состоянии, отсыпку насыпи разрешается производить в любое время года (летом по способу «от себя») с сохранением мохорастительного покрова или удалением в необходимых случаях непригодных грунтов из основания по мере их оттаивания.

По мере послойного возведения насыпи низовой откос следует закрывать слоем термоизоляционного материала. Для перехвата надмерзлотных и поверхностных вод с нагорной стороны следует устраивать валики, при этом верховые откосы валика должны укрепляться, а низовые – покрываться мохоторфяным слоем толщиной 0,3-0,5 м.

Работы по обеспечению мерзлого состояния льдонасыщенных грунтов в основаниях насыпи и предотвращению развития термокарстовых явлений (укладка в основание насыпи слоя из естественных и искусственных теплоизоляторов, отсыпка берм из мха и торфа, теплоизоляция откосов насыпи и др.) следует выполнять в зимнее время.

На участках действующей наледи и в местах ее возможного возникновения земляное полотно необходимо возводить, как правило, из привозных дренирующих или крупнообломочных грунтов. При использовании глинистых грунтов насыпь отсыпают сначала на неполную высоту и ширину, а затем производят досыпку насыпи и засыпку откосов дренирующим грунтом, толщина слоя которого должна быть не менее 0,5 м.

Если насыпь сооружают из глинистых грунтов на полную высоту и ширину, то со стороны сформирования наледи следует устраивать берму

из дренирующего грунта шириной не менее 2 м и высотой не менее расчетной мощности наледи.

Разработку выемок в льдонасыщенных грунтах следует выполнять, как правило, в зимний период с применением взрывного способа или тяжелых бульдозеров-рыхлителей. Предусмотренные проектом мероприятия по укреплению откосов должны выполняться до начала оттаивания грунта.

При возведении земляного полотна следует осуществлять **операционный контроль качества**, заключающийся в проверке:

- правильности размещения осевой линии поверхности земляного полотна в плане и высотных отметок;
- толщины снимаемого плодородного слоя грунта;
- плотности грунта в основании земляного полотна;
- влажности используемого грунта;
- толщины отсыпаемых слоев;
- однородности грунта в слоях и насыпи;
- плотности грунта в слоях и насыпи;
- ровности поверхности;
- поперечного профиля земляного полотна (расстояние между осью и бровкой, поперечный уклон, крутизну откосов);
- правильности выполнения водоотводных и дренажных сооружений, прослоек, укрепления откосов и обочин.

В зимних условиях дополнительно следует контролировать размер и содержание мерзлых комьев, а также качество очистки поверхности от снега и льда.

При операционном контроле качества сооружения земляного полотна на болотах дополнительно следует контролировать: полноту выторфовывания, режим отсыпки, величину осадки, геометрические размеры вертикальных прорезей, дренаж и коэффициент фильтрации песка в них, а в районах вечной мерзлоты дополнительно следует контролировать глубину промерзания слоя сезонного оттаивания грунта и сохранность мохорастительного покрова.

Глубину промерзания слоя сезонного оттаивания грунта следует проверять по кернам (шурфам) не реже чем через 100 м. Сохранность мохорастительного слоя определяется визуально.

Контроль влажности используемого грунта следует производить, как правило, в месте его получения (в резерве, карьере) не реже одного раза в смену и обязательно при выпадении осадков.

Однородность грунта следует контролировать визуально. При изменении однородности грунта его тип, вид и разновидность следует определять по ГОСТ25100-95.

Ровность поверхности земляного полотна контролируется нивелированием по оси и бровкам в трех точках на поперечнике не реже чем через 50 м.

Соответствие состава песка, используемого для вертикальных дрен, проектным требованиям следует определять в карьере один раз в смену.

Устройство дополнительных слоев оснований из щебня, гравия и песка, а также из укрепленных грунтов следует производить в соответствии с нормативными требованиями.

5.3. Устройство оснований и покрытий из крупнооблоочных, песчаных и глинистых грунтов и отходов промышленности, укрепленных неорганическими и органическими вяжущими материалами

Смешение грунтов и отходов промышленности с вяжущими материалами следует осуществлять:

- на дороге, специальной площадке или в карьере, используя однопроходные грунтосмесительные машины и дорожные фрезы;
- в смесительных установках, как правило, с принудительным перемешиванием.

Крупнообломочные грунты и отходы промышленности, а также, смеси крупнообломочных грунтов или отходов промышленности (в количестве не менее 20-30 %) с мелким песком допускается смешивать с вяжущими материалами в установках со свободным перемешиванием.

Укрепленные грунты при устройстве дорожных одежд следует укладывать в один или несколько слоев в зависимости от толщины основания или покрытия и применяемых машин.

Укладку смеси грунта с вяжущими и ее уплотнение следует выполнить при влажности, близкой к оптимальной, с учетом нормативных требований. Плотность укрепленного материала должна быть не менее 0,98 максимальной (ГОСТ 22733-2002).

При укреплении известью или активной золой уноса вводят дополнительную добавку воды (2-4 %) сверх оптимальной влажности.

Для достижения требуемой плотности и ровности слоев грунтов, укрепленных вяжущими материалами, следует применять уплотнение, сочетающее предварительное вибрирование смеси вибробрусом укладчика и укатку самоходными катками вибрационными или на пневматических шинах.

Основания и покрытия из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими материалами. Устройство оснований и покрытий из грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими материалами, следует осуществлять преимущественно при температуре не ниже 5°C.

При смешении на дороге крупнообломочных, песчаных или тинистых грунтов с цементом и добавками в виде битумных эмульсий, жидкого битума, нефтяного гудрона или сырой нефти следует сначала ввести в грунт органическое вяжущее, перемещать его с грунтом и затем последовательно вводить в смесь цемент и воду.

При укреплении грунта цементом с добавками золы уноса, золошлаковых смесей или других несвязных дисперсных материалов добавки следует распределить по грунту, перемешать их с грунтом, спланировать смесь и затем последовательно вводить в нее цемент и воду.

При укреплении грунта цементом с добавкой молотой негашеной извести грунт с цементом следует смешивать через сутки после введения извести и воды.

При укреплении глинистых грунтов неорганическими вяжущими материалами следует использовать, как правило, способ смешения грунта с вяжущими на дороге.

При укреплении грунтов известью совместно с добавками зол уноса или золошлаковых смесей следует ввести в грунт добавки и перемешать их с ним до однородного состояния, затем ввести известь, увлажнить грунт до оптимальной влажности и через сутки спланировать и уплотнить смесь.

Влажность смеси грунтов с неорганическими вяжущими перед уплотнением должна соответствовать оптимальной.

При температуре воздуха выше 20°C для замедления процесса схватывания смеси и обеспечения оптимальных условий уплотнения следует вводить в смесь добавку СДБ (в виде водного раствора) или ГЖ-136-41 (в виде эмульсии) в количестве не более 0,5 % массы цемента при укреплении несвязных грунтов и 1-1,5 % при укреплении связных грунтов или добавки органических вяжущих в виде битумных эмульсий, жидкого битума, нефтяного гудрона или сырой нефти в количестве, как правило, 1-3 % массы грунта.

Уплотнение смеси грунта с цементом до максимальной плотности должно быть закончено не позднее чем через 3 ч, а при пониженных температурах (ниже 10°C) – не позднее чем через 5 ч после введения в смесь воды или раствора солей.

При укреплении грунтов цементом совместно с добавками поверхностно-активных веществ (СДБ, ГЖ-136-41, гудрона нейтрализованного и других) или совместно с добавками битумных эмульсий, жидкого битума, гудрона или сырой нефти смесь следует уплотнить не позднее чем через 8 ч после введения воды. При укреплении грунтов известью или активными золами уноса, используемыми в качестве самостоятельного вяжущего, уплотнение следует заканчивать не позднее чем через 14-18 ч после введения в смесь воды.

Для ухода за свежееуложенным грунтом, укрепленным неорганическими вяжущими, следует распределять по поверхности грунта 50 %-е быстрораспадающиеся или среднераспадающиеся эмульсии с использованием битума или других органических вяжущих из расчета 0,5-0,8 л/м².

Для ухода за свежееуложенным слоем укрепленного грунта можно распределять также нефтяной гудрон или нейтрализованный гудрон (ГИД) из расчета 0,5-0,6 л/м² или слой песка толщиной 5 см с поддержанием его во влажном состоянии.

Движение построечного транспорта по слою укрепленного основания или покрытия разрешается не ранее 5 сут после его устройства.

При укреплении переувлажненных грунтов цементом, известью или другими неорганическими вяжущими влажность обрабатываемого грунта не должна превышать нормативных значений.

Осушать переувлажненный грунт следует путем укладки его в валы, бурты (пески, супеси), многократного рыхления (при солнечной погоде), а также обработки его известью (порошкообразной негашеной, молотой комовой и пушонкой) или активной золой уноса.

Количество добавок вяжущих материалов, осушающих грунт, назначают исходя из нормативных требований.

Основания и покрытия из грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами. При подборе состава для улучшения технических и технологических свойств грунтов, укрепленных:

- жидкими битумами, – следует применять известь, сланцевую золу, золы уноса сухого отбора, золошлаковые смеси гидроудаления с добавками или без добавок извести, молотый известняк, молотую опоку с известью;

- сланцевыми битумами, битумными эмульсиями, каменноугольными вяжущими, – известь, известковую пыль, цемент, золы уноса;

- органическими вяжущими (кроме смолы карбамидоформальдегидной), – катионактивные и анионактивные вещества (типа Э-1, кубовые остатки СЖК, второй жировой гудрон, госсиполовую смолу и др.).

Основания и покрытия из грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами, разрешается устраивать в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 10°С.

Смешение грунтов с битумной эмульсией допускается при температуре воздуха не ниже 5°С. Влажность крупнообломочных и песчаных грунтов перед введением органического вяжущего должна находиться в пределах 2-5 %, а влажность глинистых грунтов – в пределах 0,2-0,4 влажности на границе текучести грунта.

При смешении в стационарных смесительных установках крупнообломочных и песчаных грунтов или супесей с жидким битумом, битумной эмульсией, каменноугольным дегтем и активными добавками, а также

грунтов с битумной эмульсией или жидким битумом совместно с цементом, вяжущие вещества, добавки (кроме молотой негашеной извести) и вода должны вводиться в грунт одновременно и в полном объеме.

При использовании в качестве активных добавок молотой негашеной извести ее необходимо распределить по грунту и перемешать с ним. Последующую обработку грунта органическими вяжущими в смесительной установке следует производить не ранее чем через 12 ч и не позднее чем через 24 ч после внесения извести.

Влажность грунта перед внесением негашеной извести должна обеспечивать гидратацию (гашение) извести.

При укреплении грунтов жидкой карбамидоформальдегидной смолой с добавкой эмульгированных битума или нефтяного гудрона следует предварительно смешать их в смесителях с принудительным перемешиванием без подогрева.

Грунты, укрепленные органическими вяжущими материалами совместно с известью или цементом, следует уплотнять не позднее чем через 2 ч после окончания перемешивания смеси. При температуре воздуха ниже 15°C разрыв между окончанием перемешивания смеси и началом ее уплотнения допускается до 4 ч.

Уплотнение грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами, должно заканчиваться в течение смены. Если в процессе работ по уплотнению выпадали атмосферные осадки и температура воздуха была ниже 15°C, допускается повторное уплотнение смеси, но не позднее чем через 2 сут для грунта с добавкой цемента и 4 сут – для смеси грунта с добавкой извести.

За уплотненным слоем грунта, укрепленного битумной эмульсией или жидким битумом с цементом при температуре воздуха выше 15°C и отсутствии осадков, необходимо осуществлять уход путем розлива битумной эмульсии из расчета 0,6-0,8 л/м². В случае устройства вышележащего конструктивного слоя не позднее чем через сутки уход не требуется.

Укрепление грунтов неорганическими вяжущими материалами при пониженной и отрицательной температуре. При отрицательной температуре воздуха следует предусматривать меры против смерзания укрепляемых грунтов, при этом в грунт необходимо вводить добавки, понижающие температуру замерзания воды (противоморозные добавки), в количестве 0,5-1,5 % массы грунта.

Добавки, связывающие воду (известь, цемент, гипс и др.), следует вносить в грунт в порошкообразном состоянии перед введением растворов противоморозных добавок.

Крупнообломочные и песчаные грунты с вяжущими материалами следует смешивать в смесительных установках, а глинистые грунты – на

дороге с использованием однопроходных или многопроходных грунтосмесительных машин.

Уход за уплотненным слоем грунта, укрепленного цементом, следует осуществлять с помощью слоя песка толщиной не менее 6 см.

Движение транспортных средств по укрепленному слою основания или покрытия разрешается не ранее чем через 20 сут. В период оттепелей и весеннего таяния движение транспортных средств по слою не допускается.

При температуре воздуха ниже минус 10°C в районах с устойчивой отрицательной температурой и коротким строительным сезоном при необходимости обеспечения высоких годовых темпов строительства допускается приготовление цементогрунтовых смесей только из несвязных грунтов путем смешения их с цементом без введения воды. Цементогрунтовые смеси при температуре воздуха ниже минус 10°C следует готовить не ранее чем за 3 мес. до наступления плюсовых температур.

При устройстве оснований и покрытий из укрепленных грунтов следует дополнительно к изложенным выше требованиям при возведении земляного полотна контролировать:

не реже одного раза в смену

– гранулометрический состав крупнообломочных и песчаных грунтов по ГОСТ 12536-2003;

– число пластичности глинистых грунтов – по ГОСТ 5180-84;

– степень размельчения глинистых грунтов путем рассева проб на ситах с отверстиями 5 и 10 мм;

– температуру органического вяжущего перед использованием;

– однородность эмульсии – отсутствие расслоения;

– качество смеси путем определения прочности образцов на сжатие;

– при хранении сухих смесей в штабеле дополнительно определяют температуру смеси на глубине 0,2-0,4 м;

не реже чем через 200 м

– влажность обрабатываемых грунтов и готовой смеси перед ее уплотнением и плотность материала в уплотненном слое в трех точках на поперечнике (по оси и на расстоянии 0,5 м от кромки слоя).

не реже одного раза в 5 смен

– содержание легко растворимых солей в засоленных грунтах по ГОСТ 25100-95;

– пригодность зол уноса и золошлаковых смесей;

– постоянное соблюдение требований по уходу.

5.4. Устройство щебеночных, гравийных, шлаковых оснований и покрытий и мостовых

При устройстве щебеночных, гравийных, шлаковых оснований и покрытий и мостовых наименьшая толщина распределяемого слоя должна в 1,5 раза превышать размер наиболее крупных частиц и быть не менее 10 см при укладке на прочное основание и не менее 15 см при укладке на песок.

Максимальная толщина слоя не должна превышать нормативных значений.

Устройство щебеночных оснований и покрытий методом заклинки. Работы по устройству щебеночных оснований и покрытий методом заклинки следует производить в два этапа:

- распределение основной фракции щебня и его предварительное уплотнение (обжатие и взаимозаклинивание);
- распределение расклинивающего щебня (расклинцовка двух-, трехразовая) с уплотнением каждой фракции. Для оснований допускается одноразовая расклинцовка.

Основание уплотняют катками на пневматических шинах определенной массы.

Для уменьшения трения между щебенками и ускорения взаимозаклинивания укатку следует производить, поливая щебень водой.

На втором этапе следует производить расклинцовку слоя щебня фракциями мелкого щебня с последовательно уменьшающимися размерами.

При использовании трудноуплотняемого щебня слой щебня перед распределением расклинивающего материала следует обрабатывать органическим вяжущим материалом из расчета 2-3 л/м².

Расход расклинивающих фракций щебня следует принимать в соответствии с нормативными требованиями.

После окончания уплотнения покрытия по его поверхности следует распределять каменную мелочь из изверженных пород марки по прочности не ниже 800 (из осадочных пород – не ниже 600) в количестве 1 м³ на 100 м² и уплотнять ориентировочно за 4-6 проходов катка.

По окончании уплотнения шлакового слоя из активных и высокоактивных шлаков и случае, если сразу не устраивается вышележащий слой, следует производить поливку его водой в течение 10-12 дней из расчета 2-2,5 л/м².

Устройство оснований и покрытий из песчано-гравийных и песчано-щебеночных смесей. Песчано-гравийную или песчано-щебеночную смесь оптимального гранулометрического состава по ГОСТ 25607-95 разрешается приготавливать непосредственно на дороге.

Смесь в момент укладки должна иметь влажность, близкую к оптимальной с отклонением не более 10 %. При недостаточной влажности смесь следует увлажнять за 20-30 мин до начала уплотнения.

Устройство щебеночных (гравийных) оснований, обработанных на не полную глубину пескоцементной смесью методом перемешивания. После распределения щебень следует увлажнить (расход воды 10 л/м²) и прикатать 2-3 проходами катка по одному следу.

Приготовление пескоцементной смеси, предназначенной для обработки верхней части щебеночного слоя, следует осуществлять в смесителях принудительного перемешивания.

Доставленную на трассу пескоцементную смесь следует укладывать на поверхность распределенного щебня профилировщиком или автогрейдером.

Перемешивание пескоцементной смеси со щебнем выполняют фрезой профилировщика, многостоечным рыхлителем или кирковщиком.

Полученную смесь при необходимости следует увлажнить до оптимальной влажности и произвести вторичное перемешивание и планировку и уплотнение 12-16 проходами катка на пневматических шинах по одному следу.

По окончании уплотнения основания следует произвести чистовую отделку профилировщиком и окончательно уплотнять поверхностный слой катком с гладкими вальцами массой 6-13 т за 1-2 прохода по одному следу.

После отделки основания следует выполнять уход за ним путем розлива битумной эмульсии с расходом 0,6-0,8 л/м² или россыпи песка (супеси легкой) слоем 4-6 см и поддержания его во влажном состоянии в течение 20 сут.

Устройство щебеночных (гравийных) оснований, обработанных на не полную глубину пескоцементной смесью методом пропитки (вдавливания). Пескоцементная смесь должна иметь влажность на 20-40 % больше или меньше оптимальной (переувлажненная или недоувлажненная). Она вводится в щебеночный слой под действием вибрации или давления.

Щебень следует спланировать автогрейдером и увлажнить из расчета 3-10 л/м². При необходимости для обеспечения проезда построечного транспорта щебень прикатывают катком с гладкими вальцами массой 6-8 т за 1-2 прохода по одному следу.

Приготовленную в установке пескоцементную смесь необходимо распределять по поверхности щебеночного слоя профилировщиком или автогрейдером.

Вдавливание смеси в щебеночный слой на глубину до 5 см следует выполнять 2-3 проходами катка на пневматических шинах по одному следу.

Окончательное уплотнение основания (покрытия) после пропитки щебеночного слоя следует выполнять катками на пневматических шинах за 12-16 проходов по одному следу.

По окончании уплотнения за основанием следует осуществлять уход в соответствии с нормативными требованиями.

Для пропитки щебеночного слоя пескоцементной смесью методом вибрации на глубину до 7 см смесь следует распределять профилировщиком с вибробрусом.

Для пропитки смесью методом вибрации и давления на глубину до 10 см следует использовать вибрационный каток (1-2 прохода по одному следу).

Для пропитки смесью на глубину до 17 см следует применять кулачковый каток.

Число проходов кулачкового катка по одному следу (ориентировочное) назначают в зависимости от требуемой нормативной толщины пропитки щебня смесью.

Особенности производства работ по устройству щебеночных и гравийных оснований и покрытий при отрицательной температуре.

При температуре воздуха от 0 до минус 5 °С продолжительность работ по распределению, профилированию и уплотнению каменного материала влажностью до 3 % не должна превышать 4 ч, а при более низкой температуре – 2 ч. При влажности материала свыше 3 % его следует обрабатывать растворами хлористых солей в количестве 0,3-0,5 % по массе.

Уплотнение каменного материала при отрицательной температуре следует производить без увлажнения.

Движение транспортных средств по основанию (покрытию) допускается только после полного его уплотнения.

Основание из активных доменных шлаков следует устраивать из щебня фракций размером не более 70 мм. Перед укладкой верхнего слоя по уплотненному нижнему слою следует открыть движение транспортных средств на 15-20 дней для окончательного уплотнения нижнего слоя.

Во время оттепелей, а также перед весенним оттаиванием основание (покрытие), устроенное при отрицательной температуре, следует очищать от снега и льда и обеспечивать отвод воды.

Досыпку материала и исправление деформаций основания (покрытия), устроенного при отрицательной температуре, следует производить только после просыхания земляного полотна и основания (покрытия).

При устройстве щебеночных, гравийных, шлаковых оснований и покрытий следует дополнительно к изложенным выше требованиям при возведении земляного полотна контролировать:

– не реже одного раза в смену – влажность щебня и пескоцементной смеси по ГОСТ 8269.0-97 и ГОСТ5180-84, а прочность пескоцемента по ГОСТ 23558-94;

– постоянно визуально – качество уплотнения, соблюдение режима ухода.

Качество уплотнения щебеночных, гравийных и шлаковых оснований и покрытий следует проверить путем контрольного прохода катка массой 10-13 т по всей длине контролируемого участка, после которого на основании (покрытии) не должно оставаться следа и возникать волны перед вальцом, а положенная под валец щебенка должна раздавливаться.

При устройстве мостовых плотность их посадки следует проверить по отсутствию подвижки и осадки камней (шашек) при проходе катка массой 10-13 т.

5.5. Устройство оснований и покрытий из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими материалами

Основания (покрытия) из каменных материалов, обработанных неорганическими вяжущими, следует устраивать, как правило, в сухую погоду при среднесуточной температуре воздуха не ниже 5°C.

Максимальную толщину слоя в плотном состоянии следует выбирать в соответствии с нормативными требованиями для легкоуплотняемого материала.

Уплотнять материал слоя следует, как правило, катками на пневматических шинах или вибрационными катками. Ориентировочное число проходов катка по одному следу может быть принято равным соответственно 16 и 10.

По окончании уплотнения следует производить отделку поверхности автогрейдером или профилировщиком с последующим уплотнением гладковальцовым катком массой 6-8 т за два-четыре прохода по одному следу.

Уход за основанием (покрытием), устраиваемым с использованием цемента, следует осуществлять в соответствии с нормативными требованиями.

При устройстве вышележащего слоя дорожной одежды в день устройства основания (нижнего слоя покрытия) уход за ним не производится.

Движение построечного транспорта и устройство вышележащего слоя по основанию, устраиваемому с применением шпака и золы, разрешается сразу после окончания уплотнения.

Движение и устройство вышележащего слоя по основанию (покрытию), устроенному с применением цемента в качестве основного вяжущего или добавки, разрешается только после достижения прочности не менее 70 % проектной или в день устройства оснований.

Особенности производства работ при пониженной и отрицательной температуре. Приготовление и укладка каменных материалов, обработанных неорганическими вяжущими материалами, при среднесуточных температурах воздуха в пределах от 5 до минус 15°С должны осуществляться с принятием специальных мер: утеплением основания, подогревом воды и заполнителей, введением в смесь водных растворов хлористых солей.

Ориентировочное количество вводимых в смесь хлористых солей в зависимости от температуры воздуха следует принимать согласно нормативным требованиям.

Концентрированные растворы хлористых солей натрия и кальция следует готовить плотностью не более 1,29 г/см³ (0,427 кг безводной соли на 1 л воды), а хлористого натрия не более 1,15 г/см³ (0,25 кг безводной соли на 1 л воды), при этом хлористый натрий следует растворить в горячей воде.

Приготовленные растворы следует периодически перемешивать, перекачивать с помощью насоса в расходные емкости и разбавлять водой до нормативной концентрации, в зависимости от температуры.

При отрицательных температурах влажность песка и щебня при хранении в штабеле не должна превышать 3-4 %. Применение смерзшегося песка допускается только после отсева комьев крупнее 10 мм.

Смеси без солевых добавок следует готовить в смесительных установках, как правило, в закрытых помещениях с использованием подогретых заполнителей и воды. Наибольшая допустимая температура воды 80°С, а заполнителя 50°С. Температура смеси на выходе из смесителя 35-40°С. Температура подогретой смеси в конце транспортирования должна быть не менее 25°С. При температуре наружного воздуха до минус 15°С время транспортирования должно уточняться в начале производства работ и не должно превышать 60 мин.

Транспортировать смесь следует в утепленном выхлопными газами и укрытом кузове автомобиля-самосвала.

Уплотнение и укрытие смеси следует заканчивать до начала ее замерзания.

Поверхность основания следует утеплять засыпкой слоем песка или супеси толщиной не менее 10 см или укрывать другими утеплителями, с тем, чтобы до замерзания укрепленный материал набрал прочность не менее 70 % проектной.

При устройстве оснований из смесей с медленноотвердеющими (шлаковыми, зольными и другими) вяжущими материал не должен замерзать до окончания уплотнения, при этом может вводиться один хлористый натрий без уменьшения суммарного количества добавляемых солей. Разрешается не утеплить основания из таких материалов.

После оттаивания при необходимости производят выравнивание и доуплотнение слоя.

При устройстве оснований и покрытий из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими материалами, следует дополнительно к изложенным выше требованиям при возведении земляного полотна контролировать:

- не реже одного раза в смену – влажность смеси по ГОСТ5180-84, прочность материала по ГОСТ 23558-94 и плотность солевых растворов при отрицательной температуре;

- не реже одного раза в семь смен – точность дозирования компонентов смеси контрольным взвешиванием;

- постоянно – качество уплотнения, соблюдение режима ухода.

Качество уплотнения следует проверять путем контрольного прохода катка массой 10-13 т по всей длине контролируемого участка, после которого на основании (покрытии) не должно оставаться следа и возникать волны перед вальцом.

5.6. Устройство оснований и покрытий из дегтебетонных смесей, черного щебня и щебеночных смесей по способу пропитки органическими вяжущими и смешением на дороге

До начала производства работ следует проверять сцепление вяжущего с поверхностью минеральных материалов по ГОСТ12801-98, ГОСТ Р 5212–2003. При недостаточном сцеплении следует применять добавки поверхностно-активных веществ и активаторы поверхности (известь, цемент).

Устройство оснований и покрытий из дегтебетонных смесей. Покрытия и основания из горячей и холодной дегтебетонной смеси следует устраивать в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5°C. Осенью следует заканчивать укладку холодных дегтебетонных смесей за 15-20 дней до наступления устойчивых отрицательных температур.

Перед укладкой смеси необходимо обработать поверхность слоя, на который будет укладываться дегтебетонная смесь, дегтем марки Д-3 или Д-4 из расчета 0,5-0,8 л/м² при обработке основания и 0,2-0,3 л/м² при обработке нижнего слоя покрытия. При укладке смеси на свежеложенный нижележащий слой из материалов, обработанных дегтем, обрабатывать эту поверхность вяжущим не следует.

Толщина слоя горячей дегтебетонной смеси в неуплотненном состоянии при использовании укладчика должна быть на 15-25 % больше проектной толщины слоя, при ручной укладке – на 25-35 %.

При укладке холодной дегтебетонной смеси толщина слоя в неуплотненном состоянии должна быть на 50-60 % больше проектной.

Слои из холодных дегтебетонных смесей уплотняют катком массой 6-8 т. Окончательную плотность эти слои приобретают от движения транспорта. В течение первых двух недель скорость движения транспорта по слою холодного дегтебетона следует ограничивать 40 км/ч.

В процессе производства работ следует вести журналы приготовления смеси, температуры дегтя, лабораторного контроля качества готовой смеси, укладки и уплотнения смеси по сменам.

Устройство оснований и покрытий из черного щебня и смесей, обработанных битумными эмульсиями в смесителе.

Черный щебень следует приготавливать в смесителе принудительного перемешивания.

Покрытия и основания из горячего и холодного черного щебня на битумах следует устраивать при температуре воздуха не ниже 5°C. Черный щебень, приготовленный с дегтем Д-5 и Д-6, следует укладывать при температуре не ниже 0°C.

Свежеприготовленный черный щебень и смеси, обработанные анионной эмульсией, следует укладывать при температуре воздуха не ниже 10°C, катионной – не ниже 5 °С. Черный щебень и смеси из штабеля следует укладывать при температуре воздуха не ниже минус 5°C.

Работы по устройству покрытий и оснований из черного щебня следует производить в следующем порядке:

- распределение основной фракции щебня 20-40 мм слоем на 25-30 % более проектной толщины;
- уплотнение катком массой 6-8 т (4-6 проходов по одному следу);
- распределение расклинивающей фракции 10-20 мм;
- уплотнение катком массой 10-13 т (3-4 прохода по одному следу);
- распределение второй расклинивающей фракции 5-10 мм;
- уплотнение катком массой 10-13 т (3-4 прохода по одному следу).

Разрешается при устройстве основания использовать для основного слоя фракцию щебня 40-70 мм и для расклинивания соответственно 20-40 и 10-20 мм.

Если для приготовления черного щебня применяют смесь фракций 5-40 или 5-20 мм, то конструктивный слой устраивают за один прием из этой смеси без расклинивания.

Перед укладкой черного щебня и смесей поверхность нижележащего слоя, на которую их укладывают, должна быть обработана вяжущим (разжиженный битум, деготь, эмульсия) из расчета 0,5-0,8 л/м².

Устройство оснований и покрытий по способу пропитки. Устраивать покрытия и основания из щебня, обработанного по способу пропитки битумом, дегтем или эмульсиями, следует в сухую погоду при температуре воздуха не ниже 5°C.

При использовании эмульсий при температуре воздуха ниже 10°C их следует применять в теплом виде (с температурой 40-50°C).

Покрытие по способу пропитки следует устраивать из щебня изверженных пород марки не ниже 800 или осадочных и метаморфических марки не ниже 600. Щебень, используемый для устройства оснований, должен иметь марку не ниже 600.

При устройстве конструктивного слоя по способу пропитки следует применять щебень четырех фракций размером 20-40 (или 25-40), 10-20 (или 15-25), 5-10 (или 3-15) мм.

При толщине слоя покрытия менее 8 см применяют только три последние фракции. Последнюю, наиболее мелкую фракцию, предназначенную для создания защитного слоя, при устройстве оснований применять не следует.

Объем щебня основной (первой) фракции размером 40-70 или 20 (25) – 40 мм следует определять с учетом коэффициента 0,9 к проектной толщине слоя основания или покрытия и увеличения этого объема в 1,25 раза на уплотнение. Объем каждой последующей фракции щебня следует принимать равным 0,9-1,1 м³ на 100м² основания или покрытия. Расход вяжущего следует принимать равным 1,0-1,1 л/м² на каждый сантиметр толщины слоя и дополнительно 1,5-2,0 л/м² для покрытия. При использовании эмульсии ее концентрация должна быть 50-55 % при применении известнякового щебня и 55-60 % при применении гранитного щебня, а расход соответственно увеличен.

Работы по устройству покрытий и оснований способом пропитки битумом или дегтем следует производить в следующем порядке: распределение основной (фракции щебня; уплотнение катком массой 6-8 т (5-7 проходов по одному следу); розлив 50 % вяжущего от общего расхода; распределение расклинивающей фракции щебня; уплотнение катком массой 10-13 т (2-4 прохода по одному следу); розлив 30 % вяжущего от общего расхода; распределение второй расклинивающей фракции щебня; уплотнение катком массой 10-13 т (3-4 прохода по одному следу); розлив 20 % вяжущего; распределение замыкающей фракции щебня; уплотнение катком массой 10-13 т (3-4 прохода по одному следу).

При использовании в качестве вяжущего эмульсий первый розлив вяжущего (70 % эмульсии от общего расхода) следует делать после распределения первой расклинивающей фракции и ее уплотнения. Остальные 30 % эмульсии разливают после уплотнения второй расклинивающей фракции.

При температуре до 20°C щебень основной фракции следует уплотнять, как правило, без увлажнения. При температуре воздуха выше 20°C щебень следует поливать водой в количестве 8-10 л/м². В этом случае

разливать битум или деготь следует только после просыхания щебня, а эмульсию следует разливать по влажному щебню.

Все работы по россыпи расклинивающих фракций и их уплотнению следует производить после розлива вяжущего до его остывания.

При использовании вяжущего в виде битумных эмульсий устраивать защитный слой на покрытии с использованием последней, наиболее мелкой фракции щебня, а также устраивать покрытие по подготовленному основанию следует через 10-15 сут при пропитке анионными эмульсиями и через 3-5 сут – при пропитке катионными.

Движение построечного транспорта разрешается только после окончания укатки последней, наиболее мелкой фракции щебня. В течение 10 дней движение следует регулировать по всей ширине покрытия с ограничением его скорости до 40 км/ч.

При использовании эмульсий движение следует открывать через 1-3 сут после распределения и уплотнения предпоследней расклинивающей фракции щебня при устройстве покрытия и последней фракции щебня при устройстве оснований.

Устройство оснований и покрытий из щебеночных, гравийных и песчаных смесей, обработанных органическими вяжущими материалами смешением на дороге. Основания и покрытия из щебеночных, гравийных и песчаных смесей, обработанных органическими вяжущими материалами смешением на дороге, следует устраивать при температуре воздуха не ниже 15°C и заканчивать за 15-20 сут до начала периода дождей или устойчивой температуры воздуха ниже 10°C.

Битумом или дегтем следует обрабатывать каменные материалы влажностью не более 4 %. При большей влажности смесь должна быть просушена путем перемешивания автогрейдером.

Влажность щебеночных и гравийных смесей, обрабатываемых эмульсией, в сухую и ветреную погоду и при температуре воздуха выше 15°C, должна быть не менее 5 %, а песчано-щебеночных и песчано-гравийных смесей – на 1-2 % выше оптимальной.

Перед обработкой смесей анионной эмульсией в них следует предварительно вводить 1-2 % извести-пушонки или 2-4 % цемента.

Для обработки минеральных материалов смешением на дороге следует, как правило, применять битумы марок СГ 40/70, МГ 40/70, СГ 70/130, МГ 70/130, дегти марок Д-3, Д-4, а также битумные эмульсии ЭБА-3, ЭБК-3. Более вязкие битумы и дегти следует применять в районах с жарким климатом.

Число проходов автогрейдера при перемешивании следует назначать в зависимости от объема смешиваемых материалов и температуры воздуха.

Готовую смесь следует распределять по всей ширине проезжей части. Смесь следует уплотнять катками массой 6-8 т ориентировочно 3-5 проходами по одному следу.

Движение построечного транспорта разрешается открывать сразу после окончания уплотнения. При этом его следует регулировать по всей ширине проезжей части и ограничивать скорость до 40 км/ч. Коэффициент уплотнения должен быть не менее 0,96 через 30 сут после устройства покрытия или основания.

Устраивать покрытие или защитный слой на основаниях из смесей, приготовленных способом смешения на дороге, следует только после окончания формирования основания.

Контроль качества работ. При приготовлении эмульсий следует контролировать: постоянно – температуру битума и водного раствора эмульгатора; не реже одного раза в смену – качество эмульсии

При приготовлении дегтебетона следует контролировать:

- постоянно – температуру дегтя и минеральных материалов;
- в каждом автомобиле-самосвале – температуру дегтебетонной смеси;
- не реже одного раза в смену – качество смеси.

При устройстве оснований и покрытий из дегтебетонных смесей следует контролировать:

- в каждом автомобиле-самосвале – температуру дегтебетонной смеси;
- плотность дегтебетона в покрытии по трем вырубкам (кернам) на 1 км.

При устройстве оснований и покрытий из черного щебня и смесей, обработанных битумными эмульсиями в смесителе, следует контролировать:

- в каждом автомобиле-самосвале – температуру черного щебня;
- постоянно – визуальную однородность смеси и качество уплотнения в соответствии с нормативными требованиями;
- качество смеси по показателям трех проб на 1 км.

При устройстве оснований и покрытий способом пропитки следует контролировать:

- при каждом розливе – температуру вяжущего материала;
- постоянно – визуальную равномерность распределения материалов и качество уплотнения в соответствии с нормативными требованиями.

При устройстве оснований и покрытий способом смешения на дороге следует контролировать:

- при каждом розливе – температуру вяжущего материала;
- не реже одного раза в смену (и при выпадении осадков) – влажность минеральных материалов.
- постоянно – визуальную однородность смеси и качество уплотнения;
- качество смеси – по показателям двух проб на 1 км;
- плотность материала в покрытии по трем вырубкам (кернам) на 1 км.

5.7. Устройство асфальтобетонных покрытий и оснований

Укладка асфальтобетонных смесей Покрытия и основания из асфальтобетонных смесей следует устраивать в сухую погоду. Укладку горячих и холодных смесей следует производить весной и летом при температуре окружающего воздуха не ниже 5°C, осенью – не ниже 10°C; теплых смесей – при температуре не ниже минус 10°C.

Допускается производить работы с использованием горячих асфальтобетонных смесей при температуре воздуха не ниже 0°C при соблюдении следующих требований:

- толщина устраиваемого слоя должна быть не менее 4 см;
- необходимо применять асфальтобетонные смеси с ПАВ или активированными минеральными порошками;
- устраивать следует, как правило, только нижний слой двухслойного асфальтобетонного покрытия; если зимой или весной по этому слою будут передвигаться транспортные средства, его следует устраивать из плотных асфальтобетонных смесей;
- верхний слой допускается устраивать только на свежеложенном нижнем слое до его остывания (с сохранением температуры нижнего слоя не менее 20°C).

Укладку холодных асфальтобетонных смесей следует заканчивать ориентировочно за 15 дней до начала периода осенних дождей, за исключением смесей с активированными минеральными материалами.

Перед укладкой смеси (за 1-6 ч) необходимо произвести обработку поверхности нижнего слоя битумной эмульсией, жидким или вязким битумом, нагретым до нормативной температуры.

Норму расхода материалов, л/м², следует устанавливать:

- при обработке битумом основания – равной 0,5-0,8, нижнего слоя асфальтобетонного покрытия – 0,2-0,3;
- при обработке 60 %-й битумной эмульсией основания – 0,6-0,9, нижнего слоя асфальтобетонного покрытия – 0,3-0,4.

Обработку нижнего слоя вяжущим можно не производить в случае, если интервал времени между устройством верхнего и нижнего слоев составляет не более 2 сут и отсутствовало движение построеного транспорта.

Укладку асфальтобетонных смесей следует осуществлять асфальтоукладчиком и, как правило, на всю ширину.

В исключительных случаях допускается укладка смесей в нижний слой покрытия и в основание автогрейдером. При этом вдоль краев слоя следует устанавливать упорные брусья.

В местах, недоступных для асфальтоукладчика, допускается ручная укладка.

При укладке горячих, теплых и холодных (в горячем состоянии) асфальтобетонных смесей асфальтоукладчиками толщина укладываемого слоя должна быть на 10-15 % больше проектной, а при укладке автогрейдером или ручной укладке – на 25-30 %.

При укладке холодной асфальтобетонной смеси из штабеля асфальтоукладчиком (с выключенными уплотняющими рабочими органами) и при укладке автогрейдером или вручную толщина слоя должна быть на 60-70 % выше проектной.

При укладке конструктивных слоев толщиной более 10 см следует, как правило, применить асфальтоукладчики с активными уплотняющими органами.

Температура асфальтобетонных смесей при укладке в конструктивные слои дорожной одежды должна соответствовать нормативным требованиям.

Уплотнение смесей следует начинать непосредственно после их укладки, соблюдая при этом нормативный температурный режим.

При использовании асфальтоукладчиков с трамбуемым брусом и пассивной выглаживающей плитой, а также виброплитой следует уплотнять смеси для плотного, пористого и высокопористого асфальтобетонных различными типами катков с соблюдением нормативных требований по их типу, массе, скорости и количеству проходов.

Холодные асфальтобетонные смеси предварительно следует уплотнять катком на пневматических шинах (6-8 проходов) или гладковальцовым массой 6-8 т (4-6 проходов). Окончательное уплотнение достигается от движения транспортных средств, которое следует регулировать по всей ширине проезжей части, ограничивая скорость движения до 40 км/ч. Предварительное уплотнение холодных асфальтобетонных смесей с активированными минеральными материалами допускается также производить катками массой 10-13 т, однако при появлении трещин укатку следует прекратить.

При укладке смеси сопряженными полосами следует применять два (и более) укладчика или производить разогрев кромок ранее уложенной полосы с помощью инфракрасных излучателей. При отсутствии таких излучателей следует производить разогрев кромок ранее уложенной полосы путем укладки на нее горячей смеси шириной 10–20 см. После разогрева кромок смесь следует сдвинуть на устраиваемую полосу до ее уплотнения.

При укладке асфальтобетонных смесей сопряженными полосами в процессе уплотнения первой полосы вальцы катка не должны приближаться более чем на 10 см к кромке сопряжения.

Уплотнение следующей полосы необходимо начинать по продольному сопряжению. Сопряжение полос должно быть ровным и плотным.

Поперечные сопряжения полос, устраиваемых из асфальтобетонных смесей, должны быть перпендикулярны оси дороги.

В конце рабочей смены край уплотненной полосы следует обрубать вертикально по шнуру и при возобновлении работ разогревать либо обмазывать битумом или битумной эмульсией. При укладке в конце укатываемой полосы упорной доски край обрубать не следует.

Обнаруженные на покрытии или основании после окончания укатки участки с дефектами (раковины, участки с избыточным или недостаточным содержанием битума и пр.) должны быть вырублены; края вырубленных мест смазаны битумом или битумной эмульсией, заполнены асфальтобетонной смесью и уплотнены.

Перед устройством асфальтобетонного слоя по существующему покрытию в процессе реконструкции необходимо устранить дефекты (трещины и выбоины) старого покрытия, обработать его поверхность. При глубине колеи на старом покрытии более 1 см его следует предварительно выровнять смесью и уплотнить.

При выполнении работ, направленных на повышение сцепления шин автомобилей с поверхностью асфальтобетонного покрытия, втапливают черный щебень в неуплотненный слой асфальтобетонной смеси.

Уложенный слой горячей и теплой асфальтобетонной смеси следует уплотнить одним-двумя проходами катка массой 6-8 т, после чего рассыпать черный щебень равномерным слоем в одну щебенку.

Температура смеси в слое к моменту распределения черного щебня должна быть в пределах 90-110°C для горячих смесей и 60-80°C – для теплых.

После распределения черный щебень следует втопить в уложенный слой катками с гладкими вальцами массой 10-13 т или катками на пневматических шинах одновременно с доуплотнением асфальтобетонной смеси.

В процессе работ по строительству асфальтобетонных покрытий следует вести журналы лабораторного контроля качества исходных материалов и готовых асфальтобетонных смесей, температуры битума, температуры смеси на месте приготовления и укладки и журнал укладки и уплотнения смеси по сменам.

При приготовлении асфальтобетонной смеси следует контролировать:

– постоянно – температуру битума и минеральных материалов, а температуру готовой асфальтобетонной смеси – в кузове каждого автомобиля-самосвала;

– не реже одного раза в смену – качество смеси и битума;

– не реже одного раза в 10 смен – качество щебня, песка и минерального порошка.

Работу дозаторов минеральных материалов, битума и добавок следует контролировать в установленном порядке.

В процессе строительства покрытия и основания дополнительно следует контролировать:

- температуру горячей и теплой асфальтобетонной смеси в каждом автомобиле-самосвале;

- постоянно – качество продольных и поперечных сопряжений укладываемых полос;

- качество асфальтобетона по показателям кернов (вырубок) в трех местах на 7000 м² покрытия, а также прочность сцепления слоев покрытия.

Вырубки или керны следует отбирать в слоях из горячих и теплых асфальтобетонов через 1–3 сут после их уплотнения, а из холодного – через 15-30 сут на расстоянии не менее 1 м от края покрытия.

Коэффициенты уплотнения конструктивных слоев дорожной одежды должны быть для плотного, пористого и высокопористого асфальтобетона из горячих, теплых и холодных смесей различных типов не ниже 0,96.

5.8. Устройство поверхностной обработки покрытий

Работы по устройству поверхностной обработки покрытий следует выполнять при температуре воздуха не ниже 15°С. При использовании катионной эмульсии для устройства поверхностной обработки – при температуре воздуха не ниже 5 °С.

Устройство поверхностной обработки с использованием фракционированного щебня. При устройстве поверхностной обработки следует применять щебень марки не ниже 1200 из трудношлифуемых изверженных и метаморфических горных пород фракций 5-10, 10-15 или 15-20 мм с преимущественно кубовидной формой зерен. Щебень должен быть чистым, не содержащим пыли и глины.

При устройстве поверхностной обработки с использованием битума в качестве вяжущего следует применять битумы марок БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БН60/90, БН 90/130 или БН 130/200.

Битум должен выдерживать испытание на сцепление со щебнем, который будет применен для устройства поверхностной обработки. При неудовлетворительном сцеплении битума со щебнем следует использовать добавки соответствующих ПАВ, а также производить предварительную обработку щебня битумом.

При устройстве поверхностной обработки на участках дорог с затрудненными и опасными условиями движения, а также в районах с резко континентальным климатом следует применять битум с добавками полимеров класса термоэластопластов.

Расход вяжущего и щебня должен соответствовать нормативным значениям.

Работы по устройству поверхностной обработки следует производить по чистой, незапыленной обрабатываемой поверхности, сухой при применении битума и увлажненной ($0,5 \text{ л/м}^2$) при применении битумных эмульсий.

Щебень следует распределять механизированным способом сразу после розлива битума слоем в одну щебенку и укатывать катком за 4-5 проходов по одному следу.

В течение первых 2–3 сут эксплуатации необходимо ограничивать скорость движения автомобилей до 40 км/ч и регулировать его по ширине проезжей части. Незакрепившийся щебень должен быть удален с покрытия.

При устройстве поверхностной обработки с использованием битумных эмульсий следует применять преимущественно катионные эмульсии ЭБК-1, ЭБК-2 и анионные ЭБА-1, ЭБА-2.

Эмульсии должны выдерживать испытание на сцепление пленки вяжущего со щебнем.

При устройстве поверхностной обработки с применением катионных битумных эмульсий следует использовать щебень, не обработанный предварительно органическими вяжущими, при использовании анионных эмульсий – преимущественно черный щебень.

Поверхностную обработку с использованием битумных эмульсий следует производить в следующем порядке:

- розлив эмульсии по покрытию в количестве 30 % нормы;
- распределение щебня в количестве 70 % нормы;
- розлив остаточного количества эмульсии;
- распределение остаточного количества щебня;
- укатка.

При температуре воздуха ниже 20°C следует применять эмульсии с концентрацией битума 55-60 % и температурой $40\text{-}50^\circ\text{C}$. При температуре воздуха выше 20°C подогревать эмульсию не следует, а концентрация битума может быть снижена до 50 %.

Укатку следует выполнять до полного распада эмульсии.

Устройство поверхностной обработки с использованием эмульсионно-минеральных смесей. Для устройства поверхностной обработки покрытий применяют эмульсионно-минеральные смеси литой консистенции на основе катионной битумной эмульсии ЭБК-2 и ЭБК-3.

При устройстве поверхностной обработки из эмульсионно-минеральных смесей следует использовать щебень из трудношлифуемых изверженных и метаморфических горных пород марки не ниже 1000 фракций 5-10 (5-15) мм; преимущественно дробленые пески из изверженных горных

пород прочностью не ниже 1000 или смесь дробленого и природного песков в соотношении 2:1 или 1:1. Если поверхностная обработка выполняет роль только защитного слоя, возможно применение одного природного песка.

Поверхностную обработку из эмульсионно-минеральных смесей следует устраивать с помощью однопроходной машины по предварительно очищенному и увлажненному покрытию слоем 5–10 мм (20–25 кг/м²) для песчаных смесей и 10-15мм (25–30 кг/м²) для щебеночных.

Уплотнение распределенной смеси катками не производится.

Движение построечного транспорта можно открывать сразу после окончания работ с ограничением скорости до 40 км/ч в течение суток.

Устройство поверхностной обработки с использованием битумных шламов. При устройстве поверхностной обработки битумными шламами следует применить щебень и песок в соответствии с нормативными требованиями. Минеральный порошок, используемый в качестве эмульгатора для приготовления паст, также должен отвечать нормативным требованиям.

Устроенную поверхностную обработку до ее подсыхания следует ограждать от наезда построечного транспорта. В течение первых суток движения транспорта скорость не должна превышать 30 км/ч, в дальнейшем – 40 км/ч до тех пор, пока слой не сформируется настолько, чтобы зерна минерального материала не вырывались из него при движении.

При устройстве поверхностной обработки следует контролировать:

- температуру битума в каждом битумовозе;
- постоянно – однородность, чистоту и равномерность распределения щебня, равномерность распределения вяжущего материала;
- не реже одного раза в смену – сцепление вяжущего материала с поверхностью зерен щебня, соответствие состава эмульсионно-минеральных смесей и шламов проекту, нормы расхода материалов путем взвешивания распределенного материала на площади 0,25 м².

Устройство монолитных и сборных цементобетонных покрытий и оснований, сборных железобетонных покрытий, а также устройство обстановки дороги и контроль качества проводимых при этом работ осуществляются в строгом соответствии с нормативными требованиями.

Контрольные вопросы

1. Раскройте содержание условий, при которых следует производить работу по устройству слоев дорожной одежды.
2. Рассмотрите порядок выполнения операций по подготовке основания земляного полотна.

3. Какие грунты применяют без ограничений для возведения насыпи в зимнее время?

4. Раскройте содержание выполнения условий возведения земляного полотна на болотах, засоленных грунтах и в песчаных пустынях.

5. Рассмотрите этапы осуществления операционного контроля качества при возведении земляного полотна.

6. Какие меры следует предусматривать против смерзания укрепляемых грунтов при отрицательной температуре воздуха?

7. Раскройте содержание этапов работ по устройству щебеночных оснований и покрытий методом заклинки.

8. Рассмотрите порядок проведения работы по устройству покрытий и оснований из черного щебня.

9. Рассмотрите характеристики марок битумов и щебня применяемых для устройства покрытий по способу пропитки?

10. Раскройте условия выполнения нормативных требований по толщине слоя при укладке холодной асфальтобетонной смеси из штабеля асфальтоукладчиком (с выключенными уплотняющими рабочими органами) и при укладке автогрейдером или вручную.

11. Какие работы необходимо выполнить перед устройством асфальтобетонного слоя по существующему покрытию в процессе его реконструкции?

12. Проанализируйте перечень характеристик марок щебня, эмульсионно-минеральной смеси и битумов.

6. МЕТОДЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОКРЫТИЙ И НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Методы горячей регенерации на месте, на дороге и методы горячего ресайклинга. Регенерация это восстановление утерянных свойств материала; ресайклинг, или рециклинг, – повторное использование материала.

Различают четыре основных метода горячей регенерации на месте, на дороге и горячего ресайклинга, заключающиеся в выравнивании и восстановлении формы покрытия:

- без добавления новой смеси;
- с добавлением новой смеси, но без перемешивания;
- с добавлением новой смеси и с перемешиванием;
- с добавлением новой смеси и ее перемешиванием со старой и с одновременной укладкой нового слоя асфальтобетона.

Первые два метода на автомобильных дорогах практически не применяются.

При любом способе горячей регенерации одной из основных операций является разогрев старого асфальтобетонного покрытия. Задача состоит в том, чтобы плавно разогреть обрабатываемый слой асфальтобетона до температуры его переработки и при этом не перегреть вяжущее, которое при высокой температуре ухудшает свои свойства за счет испарения легких фракций и выгорает, если нагрев превышает температуру вспышки вяжущего, равную 180...220°C для вязких и 45... 110°C для жидких битумов.

Температура переработки асфальтобетона на вязких битумах колеблется от 100 до 150°C, редко до 180...200°C.

Нагревают асфальтобетонное покрытие при помощи газовых горелок инфракрасного излучения, объединенных в блоки или панели асфальторазогревателя. Сразу после полного включения панелей горелок, которые расположены над поверхностью покрытия на высоте не менее 5 см, идет быстрое нагревание верхнего слоя асфальтобетона, от которого теплота передается вниз (рис. 6.1).

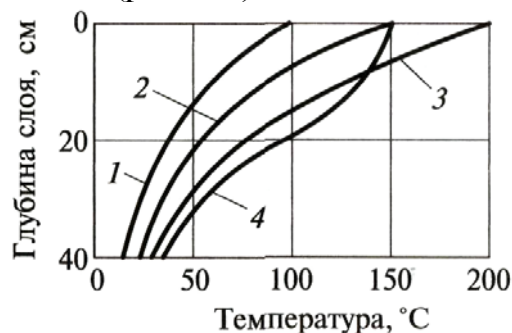


Рис. 6.1. Температурный режим разогреваемого слоя:
1, 2, 3, 4 – время пргрева 1; 2; 3; 4; 5 мин соответственно

Режим разогрева слоя регулируют изменением давления в газовой системе, изменением положения панелей над поверхностью покрытия или скорости движения асфальтозагривателя.

Исходя из ограничений по температуре вспышки битума, максимальная продолжительность непрерывного нагрева поверхности асфальтобетона не должна превышать 3 мин при температуре воздуха +20°C.

После этого необходимо понизить температуру нагревания или сделать перерыв в подаче теплоты и затем продолжить нагрев до тех пор, пока температура всего слоя на глубину рыхления достигнет требуемых значений (рис. 6.2).

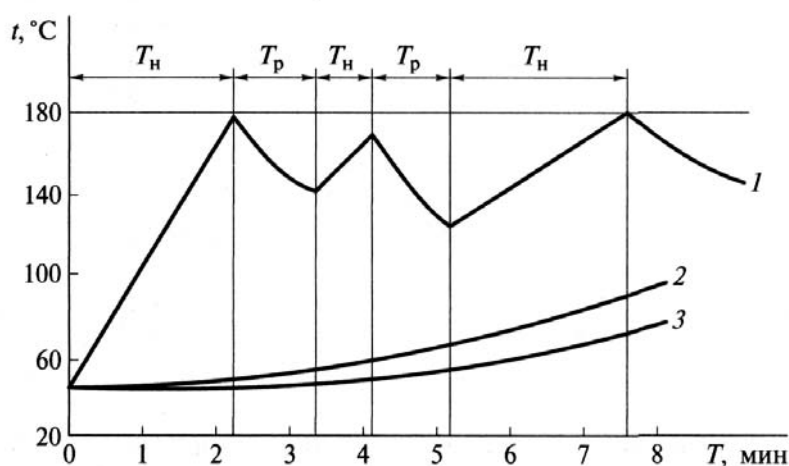


Рис. 6.2. Прерывистый (шадящий) режим разогрева асфальтобетонного покрытия при скорости движения разогревателя 2 м/мин:
 1 – поверхность покрытия; 2 – глубина слоя прогрева 20 мм; 3 – глубина слоя прогрева 40 мм; T_n – продолжительность работы горелок;
 T_p – продолжительность перерыва в работе горелок

Теплообмен в слое протекает неравномерно. Вначале поверхность нагревается быстрее, чем нижние слои. К моменту рыхления верхние слои остывают, но нижние за счет теплопроводности аккумулятивной теплоты продолжают набирать температуру. Это обеспечивает при перемешивании среднюю стабильную температуру в пределах 80... 100°C.

Как правило, разогрев производят самоходным асфальтозагривателем при медленном движении блока горелок в две или три ступени, сначала до температуры поверхности 90... 100°C, затем в одну или две ступени окончательного разогрева до требуемой температуры.

Длину каждой панели или блока горелок определяют в зависимости от скорости движения асфальтозагривателя и допустимой максимальной продолжительности непрерывного нагрева асфальтобетона. При скорости движения асфальтозагривателя 2 м/мин и продолжительности нагрева 2,5 мин длина панели горелок составляет 5 м. При большей скорости движения длина панели увеличивается.

Глубину рыхления, разогреваемую до рабочей температуры, принимают не менее толщины слоя регенерации, которая зависит от крупности зерен щебня или песка в асфальтобетоне, но составляет не менее:

- 20 мм – для песчаных смесей;
- 25 мм – для щебеночных смесей с зернами размером до 15 мм;
- 35 мм – для щебеночных смесей с зернами размером до 20 мм.

Обычно глубину разогрева принимают 30... 60 мм в зависимости от толщины верхнего слоя асфальтобетона и максимальной глубины рыхления, которую может обеспечить термосмеситель.

Выравнивание и восстановление формы покрытия с добавлением новой смеси и ее перемешивание со старой. Данный метод называют **термопрофилированием** или Remix, а машины для его реализации называют ремиксерами (Remixer). Из всех методов горячей регенерации метод термопрофилирования и ремиксеры разных фирм и модификаций получили наибольшее распространение.

Метод термопрофилирования применяют в случае, когда существующее покрытие имеет много дефектов в виде трещин, колеи, сетки трещин, а также когда необходимо усилить старое покрытие. Для этого к снятому и разрыхленному материалу старого покрытия добавляют новый материал в количестве 25... 50 кг/м² при ремонте покрытия без усиления и до 150 кг/м² при ремонте с усилением.

Для подбора состава добавляемой смеси с учетом свойств старого асфальтобетона из покрытия отбирают пробы (керны), изучают состав старой смеси, проектируют требуемый состав с учетом условий движения и эксплуатации дороги. Назначают вид и состав добавляемой смеси так, чтобы после ее перемешивания со старой смесью получить асфальтобетон с требуемыми свойствами.

Старый и новый материал перемешивают в смесителе, получают однородную смесь, которую укладывают в виде одного слоя покрытия. Глубина фрезерования старого покрытия может достигать 50...60 мм.

Метод позволяет скорректировать зерновой состав старого асфальтобетона, устранить последствия старения битума, повысить шероховатость покрытия и обеспечить хорошую связь между регенерированным слоем и старым покрытием.

Технологический процесс метода термопрофилирования включает в себя следующие основные операции (рис. 6.3):

- подготовительные работы, к которым относят ограждение места производства работ, подготовку машин и оборудования, разметку участка, загрузку новой смеси в приемный бункер и др.;
- предварительный и окончательный разогрев существующего покрытия;

- рыхление или фрезерование старого покрытия и подачу снятого материала в смеситель;
- подачу в смеситель нового материала и перемешивание его со старым;
- распределение и предварительное уплотнение асфальтобетонной смеси;
- окончательное уплотнение слоя покрытия.

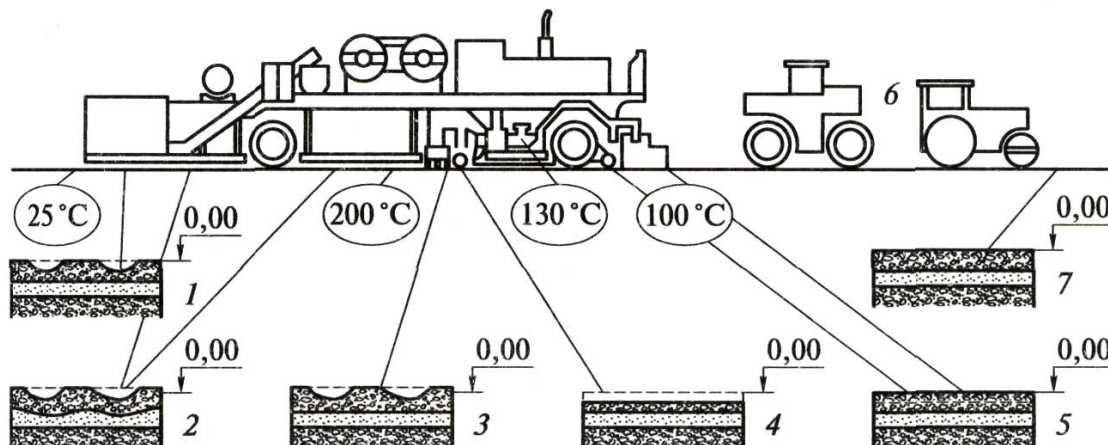


Рис 6.3. Последовательность технологических операций, выполняемых при термопрофилировании:

1 – покрытие до ремонта; 2 – нагрев; 3 – рыхление; 4 – сбор разрыхленной смеси, добавление новой, перемешивание; 5 – разравнивание, предварительное уплотнение; 6 – окончательное уплотнение; 7 – готовое покрытие

Оборудование для выполнения этих операций состоит из трех панелей горелок инфракрасного излучения для предварительного разогрева, смонтированных на отдельном шасси (разогреватель типа ДЭ-234), и термосмесителя типа ДЭ-232.

В состав термосмесителя входят несколько блоков (панелей) нагревательных газовых горелок, емкости для сжатого газа, приемный бункер для новой смеси, рыхлитель – фреза, шнековый питатель для подачи нового материала в смеситель, мешалка (смеситель) принудительного действия, шнековый разравниватель и планирующий отвал, вибробрус для предварительного уплотнения и др.

Современные ремиксеры при необходимости могут выполнять все виды горячей регенерации на дороге.

Работы начинают после очистки покрытия от пыли и грязи. Разогрев покрытия производят ступенчато. Вначале в течение 6...7 мин производят предварительный прогрев покрытия. Затем при рабочей скорости 1,2...1,3 м/мин прогревают покрытие в течение 10...20 мин в зависимости от температуры воздуха. После этого выходят на стационарный режим движения 2,5...3,0 м/мин и температуру нагрева 110...120 °С. Минимальная продолжительность

нагрева T_m при высоте нагревателя над поверхностью покрытия 50 мм для слоя толщиной 40 мм зависит от температуры воздуха t_b :

$t_b, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40
$T_m, \text{мин}$	8,8	8	6,9	5,9

После разогрева верхний слой покрытия фрезеруют и полученный гранулят подают в смеситель, куда вводят новую горячую смесь, которую перемешивают с гранулятом, укладывают и уплотняют.

Важно отметить, что укладку смеси ведут на горячее основание, что улучшает процесс слияния верхнего и нижнего слоев в единый монолит. В результате за один проход получается новое, более прочное покрытие, устраняются колеи, трещины и неровности (рис. 6.4). Тем не менее, обычно на слой регенерированного асфальтобетона укладывают защитный слой или дополнительный тонкий слой нового асфальтобетона.

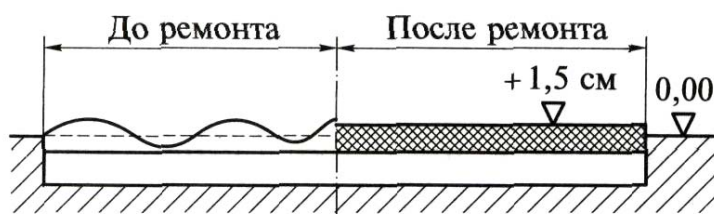


Рис. 6.4. Схема рабочего процесса (а) и комплекс машин с описанием основных операций (б) для холодного ресайклинга с применением битумной эмульсии:

- 1 – управляемые микропроцессором насосы; 2 – штуцер для подключения к цистерне с эмульсией; 3 – штуцер для подключения к цистерне с водой;
- 4 – поврежденный асфальтобетонный слой и нестабилизированное основание;
- 5 – фрезерный барабан; 6 – обработанная смесь

Разновидностью метода термосмешения является метод **термопластификации**. Суть этого метода состоит в том, что в процессе фрезерования или перемешивания кроме новой смеси добавляют еще и пластификатор в количестве 0,1 ...0,6 % массы смеси, который улучшает свойства битума в старой асфальтобетонной смеси. При этом во многих случаях нет необходимости добавлять новый материал, поскольку хорошо восстанавливаются свойства старого материала.

Термопластификацию осуществляют обычным ремиксером, оснастив его узлом для введения пластификатора. Толщина обновляемого слоя составляет до 50 мм. В качестве пластификатора используют масла нефтяного происхождения с содержанием ароматических углеводородов не менее 25 мас. %. Можно также применять экстракты селективной очистки масляных фракций нефти, зеленое масло и др.

Дальнейшим развитием метода регенерации с добавлением новой смеси и ее перемешиванием является так называемый метод **ремикс-плюс**, который состоит в том, что на слой регенерированного асфальтобетона сразу, той же машиной укладывают дополнительный слой усиления или защит-

ный слой из новой смеси. Для этого термосмеситель оборудуют дополнительным распределительным шнеком, расположенным за первым шнеком (рис. 6.5).

Окончательное уплотнение первого и второго слоев производят одновременно, сначала легким вибрационным катком с выключенным вибратором или гладковальцевым катком массой 6...8 т, затем продолжают вибрационным катком с включенным вибратором и пневмоколесным катком массой 16... 20 т. Завершают уплотнение тяжелым гладковальцевым катком.

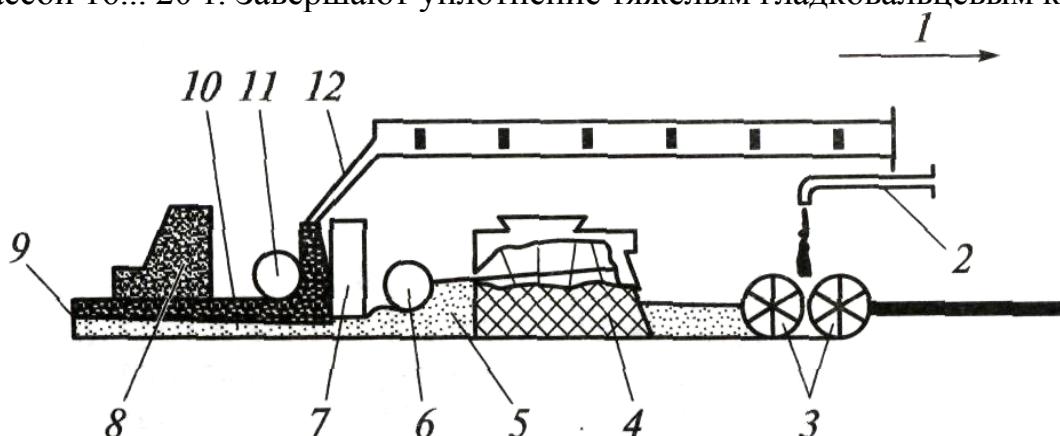


Рис. 6.5. Устройство для укладки дополнительного слоя покрытия при терморегенерации по методу ремикс-плюс:

- 1 – направление движения; 2 – разбрызгивание битума; 3 – разрыхляющие фрезы; 4 – смеситель; 5 – смесь; 6 – первый распределяющий шнек; 7 – разравнивающий брус; 8 – смесеукладочный брус; 9 – новая смесь; 10 – смесь материала старого покрытия и битума; 11 – второй распределяющий шнек; 12 – подача новой смеси

Работы по термопрофилированию можно производить при температуре воздуха не ниже $+20^{\circ}\text{C}$, а с применением дополнительного асфальторазогревателя – при температуре воздуха не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Скорость ветра не должна быть более 7 м/с. При большей скорости ветра резко возрастают потери тепловой энергии, которая рассеивается в атмосфере. Кроме того, при сильном ветре происходит задувание горелок.

Новая технология горячей регенерации асфальтобетонного покрытия на месте была разработана канадской фирмой, которая выпускает для ее реализации специальный комплект машин AR-2000. Комплект состоит из двух предварительных асфальто-разогревателей, нагревателя-фрезеровщика, горячего смесителя, укладчика и катков (рис. 6.6).

Существенное отличие этой технологии в том, что разогрев асфальтобетонного покрытия производится не горелками инфракрасного излучения, а нагретым до 600°C воздухом, который обтекает поверхность покрытия, нагнетается в поры асфальтобетона под давлением, создаваемым компрессором, и вакуумируется (откачивается) вакуумным насосом.

Подогрев воздуха может производиться сжиганием газа или дизельного топлива. Разогревающее устройство в виде герметически замкнутого прямо-

угольника (коробки) плотно прижимается к поверхности покрытия. В пространство между покрытием и разогревателем с одной стороны накачивается горячий воздух, а с другой стороны он отсасывается вакуумным насосом. Откаченный горячий воздух снова поступает в компрессор и так постоянно циркулирует.

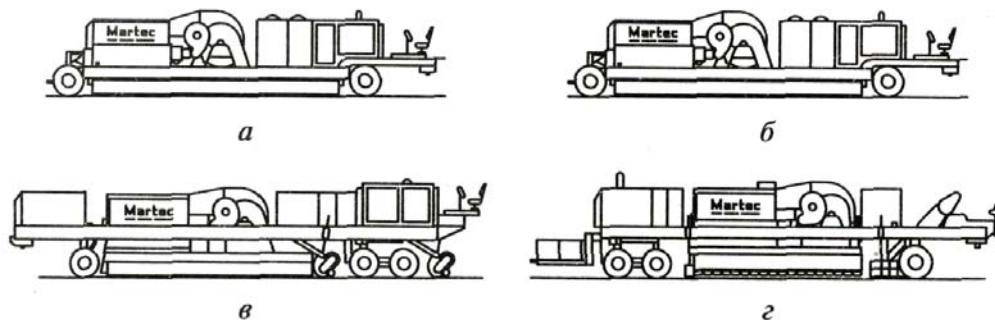


Рис. 6.6. Горячая регенерация комплектом машин AR-2000:
а, б – стадия первая: предварительный и полный разогрев; в – стадия вторая: продолжение разогрева до глубины 50 мм и разрыхление; г – стадии третья и четвертая: продолжение разогрева, подача материала в мешалку, добавление нового материала, перемешивание и укладка

Это способствует многократному снижению потерь тепловой энергии при разогреве асфальтобетонного покрытия по сравнению с разогревом горелками инфракрасного излучения, полностью исключает выгорание битума и пережог смеси, а также выделение выбросов газа, дыма и пыли в атмосферу. Ширина обрабатываемой полосы может изменяться в диапазоне 3,3...4,0 м, глубина разогрева до 50 мм, скорость движения комплекта 5...7 м/мин. За одну смену комплект обрабатывает полосу длиной около 3 км. Общая длина комплекта в работе составляет 75 м.

Эффективность работы этого комплекта особенно высока при больших объемах.

Комбинированные способы горячей регенерации состоят в том, что асфальтобетон старого покрытия снимают горячей фрезой, отправляют на стационарный асфальтобетонный завод, где его перерабатывают горячим способом с добавлением к старому асфальтобетону битума и около 60 % новых материалов. Полученную смесь в горячем состоянии укладывают в покрытие на той дороге, где была получена старая смесь, или на другой дороге.

Методы холодной регенерации включают в себя:

- снятие и размельчение материала слоев асфальтобетонного или цементобетонного покрытия;
- обработку слоев органическим или минеральным вяжущим с добавлением или без добавления новых минеральных материалов;
- укладку и уплотнение.

Методы рециклинга чаще применяют при реконструкции дорог, поэтому в данной работе рассмотрены только кратко. Одной из основных технологических операций холодной регенерации являются снятие и размельчение материалов слоев существующей дорожной одежды. Эти операции обычно производят с помощью холодных фрез.

Для большинства асфальтобетонных покрытий, за исключением случая, когда заполнитель имеет очень низкую прочность, зубья планировщика разрушают старое дорожное покрытие по линиям асфальтовяжущего вещества. При этом гранулометрический состав исходной смеси изменяется очень мало и снятые куски и щебенки асфальтобетона обычно покрыты вяжущим. Что позволяет использовать их для приготовления новой смеси с минимальным расходом битума или битумной эмульсии.

Холодным фрезерованием можно снимать старое покрытие послойно и тем самым отделять материал верхнего слоя из мелкозернистого асфальтобетона от материала нижнего слоя из крупнозернистого асфальтобетона с последующей укладкой в соответствующие слои дорожной одежды.

Холодное фрезерование дорожного покрытия применяют для:

- снятия старого покрытия с трещинами, чтобы предупредить их выход на новое покрытие при усилении дорожной одежды;
- восстановления поперечного профиля дорожной одежды и устранения колея, выбоин и других деформаций;
- увеличения вертикального габарита путепровода над дорогой;
- уменьшения собственной массы дорожной одежды на мостах и путепроводах;
- сохранения высоты бордюров и отметок водосборных, водоотводящих и дренажных систем в населенных пунктах, на городских улицах и в других случаях.

Глубина фрезерования зависит главным образом от состояния покрытия. Чаще всего одним проходом фрезерной машины снимают верхний слой, а на нижний слой укладывают новое покрытие из одного или нескольких слоев.

Способы холодной регенерации, или ресайклинга, различаются между собой материалом, используемым для укрепления гранулята: органическим, минеральным или комплексным.

Полученный при холодном фрезеровании гранулят может быть повторно использован без переработки или с переработкой на месте в передвижной установке или на стационарном заводе с добавлением или без добавления минерального материала (щебня).

В режиме холодного ресайклинга широко используют обработку гранулята битумной эмульсией, жидким или вспененным битумом (рис. 6.7).

При необходимости улучшить гранулометрический состав смеси или усилить дорожную одежду к полученному грануляту добавляют необходимое количество щебня.

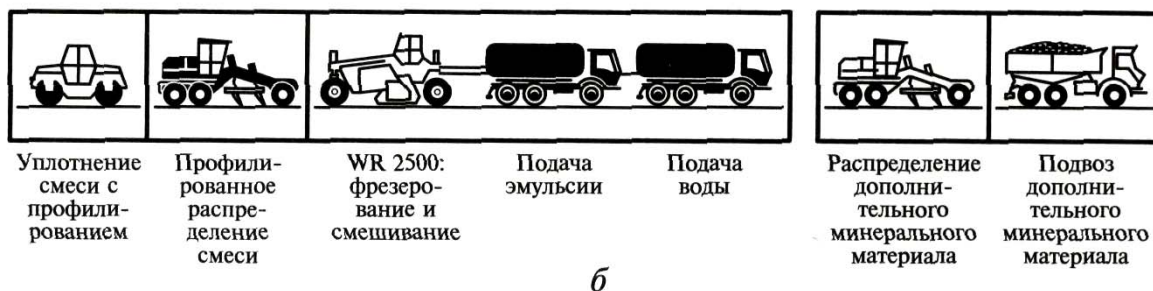
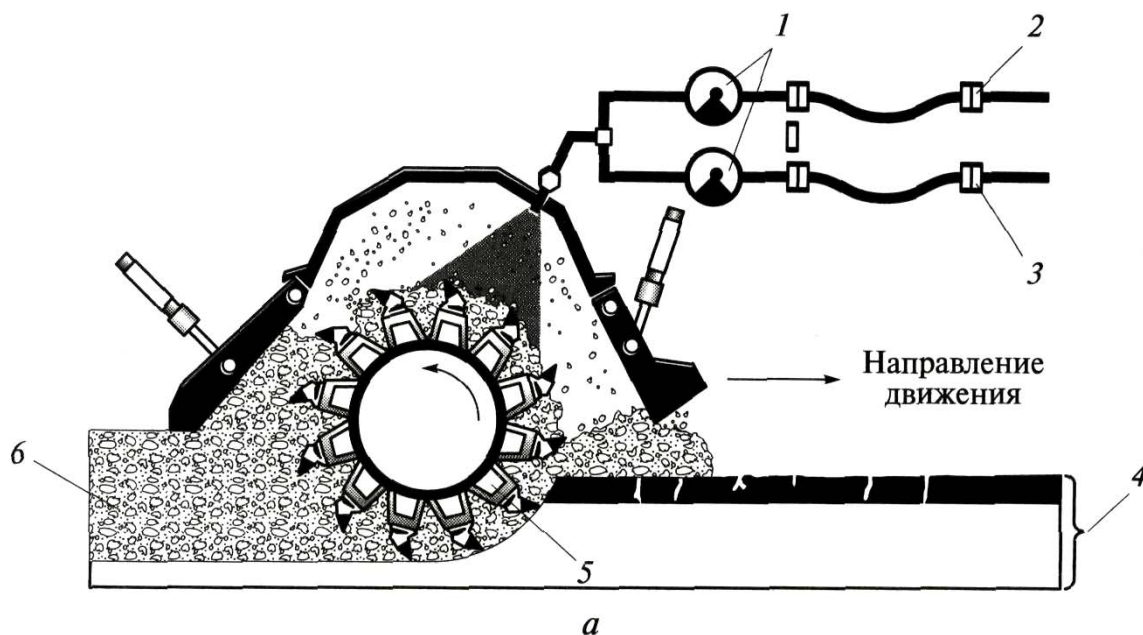


Рис. 6.7. Схема рабочего процесса (а) и комплекс машин с описанием основных операций (б) для холодного ресайклинга с применением битумной эмульсии:

- 1 – управляемые микропроцессором насосы; 2 – штуцер для подключения к цистерне с эмульсией; 3 – штуцер для подключения к цистерне с водой;
- 4 – поврежденный асфальтобетонный слой и нестабилизированное основание;
- 5 – фрезерный барабан; 6 – обработанная смесь

В этом случае работу выполняют в такой последовательности:

- на очищенное старое покрытие вывозят и автогрейдером распределяют слой щебня;

- машиной для холодного фрезерования снимают старое покрытие и полученный гранулят перемешивают в самой машине со щебнем. В момент перемешивания смеси добавляют воду для смачивания щебенки и битумную эмульсию в необходимом количестве;

- смесь окончательно разравнивают и уплотняют автогрейдером.

На уложенный слой укладывают защитный слой или слой нового покрытия из асфальтобетона.

Холодный ресайклинг с применением в качестве вяжущего цемента обычно используют для устройства основания из гранулята, полученного при фрезеровании старого асфальтобетонного покрытия (рис. 6.8). При

этом добавка цемента составляет 3... 5 % массы гранулята. Для достижения оптимальной влажности одновременно добавляют необходимое количество воды.

Обработанную смесь разравнивают и уплотняют.

После набора прочности уложенной смеси устраивают новый слой асфальтобетонного покрытия или защитный слой.

Метод холодного ресайклинга асфальтобетонного покрытия может быть использован при применении комплексного вяжущего, состоящего из битумной эмульсии и цемента. В результате получается асфальтогранулобетон (АГБ).

Асфальтогранулобетон готовят в смесительной установке с принудительным перемешиванием в холодном состоянии асфальтобетонного гранулята с добавками щебня фракций 5... 25 мм (если необходимо), цемента, катионной битумной эмульсии и воды для смачивания, если влажность гранулята ниже 1 %. Добавки в гранулят вводят в таком порядке: щебень, вода для смачивания, эмульсия, цемент.

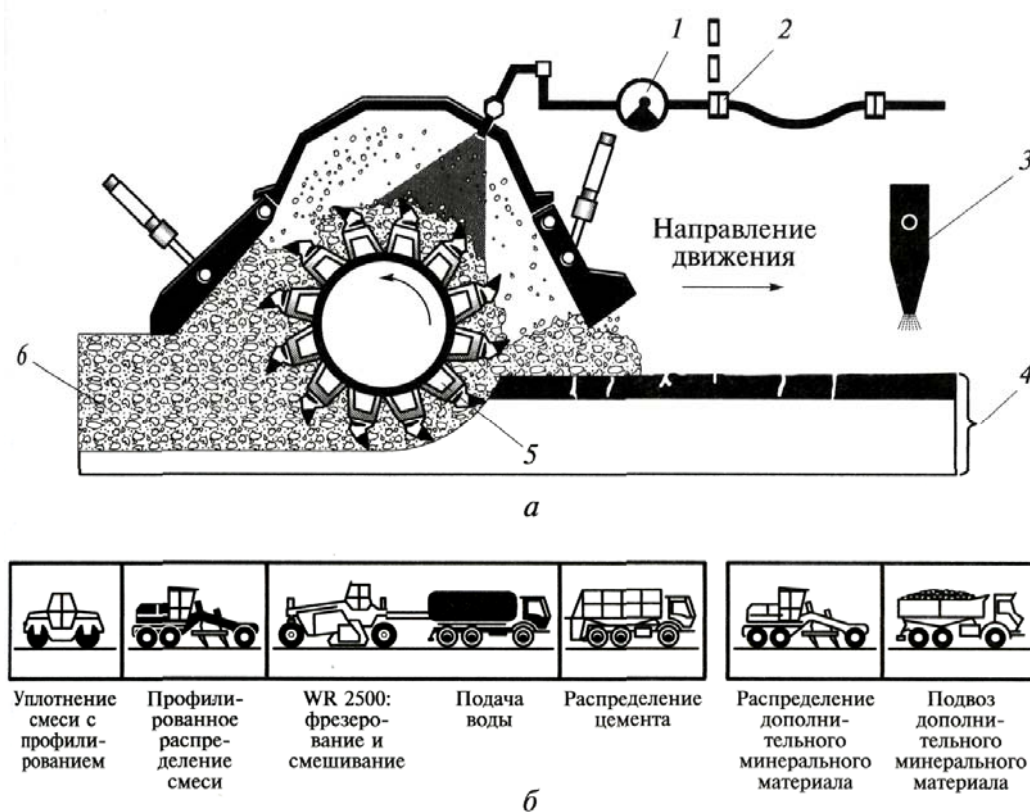


Рис. 6.8. Схема рабочего процесса (а) и комплекс машин с описанием основных операций (б) для холодного ресайклинга с применением цемента:

- 1 – управляемый микропроцессором насос для разбрызгивания воды;
- 2 – штуцер для подключения к цистерне с водой;
- 3 – распределитель цемента;
- 4 – поврежденный асфальтобетонный слой и нестабилизированное основание;
- 5 – фрезерный барабан;
- 6 – обработанная смесь

При приготовлении АГБ-смеси может быть использован гранулят, полученный как при послойном, так и однопроходном фрезеровании существующего покрытия на глубину 14 см. Однако кривая гранулометрического состава гранулята должна иметь плавное очертание и вписываться в границы составов для пористых и высокопористых смесей. Зерен щебня фракций крупнее 5 мм должно быть не менее 35...40 %. В противном случае к грануляту добавляют щебень.

Смесь укладывают на подготовленное основание при температуре воздуха не ниже 0°C и уплотняют сначала виброплитой, а затем звеном катков. После испарения влаги (примерно через 2 ч после окончания уплотнения) можно открывать движение транспортных средств с ограничением скорости до 40 км/ч. Через 4...5 ч можно укладывать следующий слой асфальтобетона, который выполняет роль защитного слоя и слоя износа. Вся технология может быть реализована в двух вариантах:

- ведущая машина – фрезеровальная. В этом случае перемешивание и укладку смеси производят в передвижном смесителе;

- ведущая машина – фрезеровально-смешивающая, с помощью которой выполняют все операции по фрезерованию, перемешиванию, укладке и предварительному уплотнению смеси.

Методы холодно-горячей регенерации (комбинированные методы) можно подразделить на две группы:

- с переработкой старого асфальтобетона на месте (на дороге) в передвижных смесительных установках;

- с переработкой старого асфальтобетона на стационарных асфальтобетонных заводах.

Технология холодно-горячей регенерации с переработкой старого асфальтобетона на месте в передвижной смесительной установке может быть реализована с использованием специального комплекта машин. Основной машиной этого комплекта является передвижная асфальтосмесительная установка с сушильным барабаном.

В состав комплекта входят щебнераспределитель, холодная фрезеровальная машина, передвижная асфальтосмесительная установка, асфальтоукладчик, комплект катков.

Технология работ включает в себя следующие операции:

- на очищенное от пыли и грязи покрытие распределяют равномерный слой щебня на всю полосу обработки. Новый щебень обычно добавляют в количестве 50...70 % объема сфрезерованного гранулята;

- холодной фрезой на глубину 30...50 мм снимают верхний слой покрытия, который измельчается, одновременно перемешивается с новым щебнем и выкладывается в виде вала на полосе фрезерования;

– погрузчиком-питателем смесь гранулята со щебнем подается в движущийся сушильный барабан асфальтосмесительной установки, где смесь высушивается и подогревается до рабочей температуры;

– горячая смесь поступает в смесительное отделение асфальтосмесителя, куда вводится битум в количестве 5...7 % массы нового щебня, и перемешивается;

– из смесителя готовую смесь выгружают в приемный бункер асфальтоукладчика, распределяют и предварительно уплотняют;

– производят окончательное уплотнение комплектом катков.

В результате общая толщина асфальтобетонного покрытия увеличивается на 2...4 см. На этот слой укладывают защитный слой в виде поверхностной обработки или слой износа из новой асфальтобетонной смеси.

В городских условиях переработку снятого холодной фрезой гранулята, как правило, производят на стационарных асфальтобетонных заводах, где имеются лучшие условия для обеспечения высокого качества регенерированного асфальтобетона.

Особенности обеспечения качества при регенерации и повторном использовании материалов. Регенерация и ресайклинг являются перспективными методами ремонта дорожных покрытий. Однако эти технологии требуют дальнейшего развития и совершенствования, особенно в отношении качества материалов и слоев дорожной одежды, получаемых с применением указанных технологий.

Одна из главных проблем состоит в неоднородности материала старого покрытия, который после переработки и улучшения укладывается повторно.

Неоднородность обусловлена тем, что старое покрытие могло быть уложено много лет назад с различной толщиной слоев, из различных материалов, особенно битумов, которые со временем изменяют свои свойства.

В процессе эксплуатации старое покрытие неоднократно ремонтировалось с применением различных технологий и материалов. Поэтому к моменту регенерации и повторного использования состав материала снимаемых слоев может существенно изменяться на отдельных участках. В связи с этим необходим тщательный контроль за составом, качеством и однородностью материала старого покрытия. В связи с этим другая проблема состоит в том, что в процессе фрезерования получают гранулы различной величины, некоторая часть щебня размельчается и обнажает не обработанную битумом поверхность. Другие частицы минерального материала остаются покрытыми битумной пленкой. При перемешивании с новым вяжущим и введением нового щебня толщина пленки на старых и новых частицах минерального материала может быть неравномерной.

Все это может привести к неоднородности получаемого материала и снизить его физико-механические свойства.

Учитывая эти особенности, переработанный материал старого покрытия обычно укладывают в нижние слои новой дорожной одежды или в слои, которые закрывают защитным слоем.

Контрольные вопросы

1. Раскройте содержание основных методов горячей регенерации на месте, на дороге и горячего ресайклинга, заключающиеся в выравнивании и восстановлении формы покрытия.

2. Раскройте содержание выполнения условий глубины рыхления и толщины слоя регенерации.

3. Раскройте содержание методов термопрофилирования и термопластификации.

4. Какое оборудование требуется для выполнения термопластификации?

5. Раскройте содержание методов ремикс-плюс и новой технологии горячей регенерации асфальтобетонного покрытия на месте.

6. В чем состоят комбинированные способы горячей и холодной регенерации?

7. В каком случае чаще применяют методы рециклинга?

8. Рассмотрите последовательность выполнения работ при холодном фрезеровании дорожного покрытия.

9. На какие группы можно подразделить методы холодно-горячей регенерации (комбинированные методы)?

7. ПРИЕМКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

При приемке выполненных работ надлежит произвести освидетельствование работ в натуре, контрольные замеры, проверку результатов производственных и лабораторных испытаний строительных материалов и контрольных образцов, записей в общем журнале работ и специальных журналах по выполняемым отдельным видам работ и предъявить техническую документацию в соответствии с нормативными требованиями.

Приемку с составлением актов освидетельствования скрытых работ надлежит производить по выполнении следующих работ:

- снятия мохового или дернового слоя, выторфовывания, корчевки пней, устройства уступов на косогорах, замены грунтов или осушения основания, устройства свайных или иных типов оснований под насыпями, устройства теплоизолирующих слоев;

- устройства водоотвода и дренажей, укрепления русел у водоотводных сооружений;

- возведения и уплотнения земляного полотна и подготовки его поверхности для устройства дорожных одежд;

- устройства и уплотнения конструктивных слоев дорожных одежд;

- установки элементов швов расширения и коробления;

- установки арматуры (при устройстве цементобетонных покрытий).

При осуществлении приемочного контроля следует проверять соответствие фактических значений проектным параметрам. Кроме указанных параметров следует контролировать:

- плотность слоев дорожных одежд;

- ровность слоев оснований и покрытий путем определения алгебраических разностей высотных отметок;

- сцепление шины автомобиля с покрытием (для верхних слоев) или шероховатость покрытия;

- прочность материала и толщину покрытия по трем кернам на 1000 м^2 .

При приемочном контроле способы измерений должны соответствовать нормативным требованиям. Объем измерений должен быть не менее 20 % объема измерений при операционном контроле, но состоять не менее чем из 20 измерений, за исключением контроля плотности асфальтобетона, дегтебетона, щебеночных смесей по способу смешения на дороге и жестких бетонных смесей, проводимого в объеме, требуемом при операционном контроле.

При приемке работ предварительная оценка ровности поверхности в продольном направлении проводится либо на основе графической записи, полученной с помощью приборов типа ПКРС или других приборов, показания которых приведены к показаниям ПКРС, либо путем проезда на автомашине по всему сдаваемому участку по каждой полосе движения. На

основе такой оценки выбираются захваты для детального измерения ровности и поперечных уклонов.

Захваты в общем случае выбираются длиной 300–400 м, а для внутрихозяйственных автомобильных дорог сельскохозяйственных предприятий и организаций, а также для внутренних дорог промышленных предприятий – длиной 100–150 м. Суммарная длина захваток должна составлять не менее 10 % длины сдаваемого участка дороги в однополосном исчислении.

Детальный контроль ровности поверхности основания или покрытия на выбранных захватках следует вести путем измерения просветов под трехметровой рейкой, определения показаний стрелочного прибора или передвижной рейки.

Измерение просветов под трехметровой рейкой с помощью клина (промерника) следует производить в пяти контрольных точках, расположенных на расстоянии 0,5 м от концов рейки и друг от друга.

Детальные измерения ровности следует производить на расстоянии 0,5–1,0 м от каждой кромки покрытия или края полосы движения.

На каждой захватке следует произвести:

- 100–130 измерений просветов (25–30 приложений рейки) или непрерывную графическую запись неровностей;
- 80–100 измерений поперечных уклонов рейкой с уровнем (25–30 измерений для захваток длиной 100–150 м);
- определение вертикальных абсолютных или относительных отметок путем нивелирования с шагом 5 м.

Сцепление шины автомобиля с увлажненной поверхностью покрытия характеризуется коэффициентом сцепления, определяемым специальными динамометрическими приборами типа ПКРС, а также по длине тормозного пути или по величине уменьшения скорости движения автомобиля модели ГАЗ-М24 или другими приборами, показания которых приведены к показаниям прибора ПКРС. Измерение сцепления следует производить не ранее чем через две недели после окончания строительства покрытия.

Измерения следует выполнять по одной полосе наката колес автомобилей каждой полосы движения. На каждые 1000 м необходимо делать 3–5 измерений в зависимости от состояния покрытия по каждой полосе движения.

Значения измеренных коэффициентов сцепления должны быть не ниже, указанных в проекте.

Шероховатость дорожных покрытий следует измерить методом «песчаного пятна» (прибор КП-139). На каждой полосе движения следует производить 5 измерений на 1000 м по одной полосе наката.

Значения средней глубины впадин шероховатости по методу «песчаного пятна» не должны быть меньше нормативных значений.

Для обеспечения безопасных условий движения следует дополнительно контролировать:

- обеспечение видимости в плане, особенно на пересечениях в одном уровне;
- оборудование мест перехода пешеходов, автобусных остановок и площадок отдыха;
- соответствие проекту, правильности монтажа и окраски ограждений;
- состояние разделительных полос;
- соответствие горизонтальной и вертикальной разметки требованиям проекта;
- правильность установки дорожных знаков, светофоров;
- заглубление и конструкции опор, соответствие их требованиям нормативных документов;
- соответствие проекту и правильность окраски сигнальных столбиков;
- ликвидацию необорудованных съездов и расчистку полосы отвода от посторонних предметов.

Оценку качества строительно-монтажных работ при их приемке следует устанавливать в соответствии с обязательными требованиями.

Контрольные вопросы

1. Какие контрольные процедуры надлежит произвести при приемке выполненных работ?
2. В каком случае надлежит производить приемку с составлением актов освидетельствования скрытых работ?
3. Какие процедуры следует проверять при осуществлении приемочного контроля?
4. Как осуществляется детальный контроль ровности поверхности основания или покрытия на выбранных захватках?
5. Каким методом осуществляется контроль шероховатости дорожных покрытий?
6. Какие параметры дорожной конструкции следует дополнительно контролировать для обеспечения безопасных условий движения?

8. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

8.1. Общие положения

В процессе выполнения строительного-монтажных работ при строительстве автомобильных дорог следует производить оценку качества:

– отдельных видов работ (подготовка основания земляного полотна, возведение насыпей и разработка выемок, устройство водоотвода, присыпных обочин, слоев оснований и покрытий дорожных одежд);

– устройства конструктивных элементов автомобильных дорог (земляное полотно, основания и покрытия дорожных одежд);

– строительного-монтажных работ по законченному строительством автомобильным дорогам или их отдельным участкам;

– выполнение строительного-монтажных работ за определенный период времени (месяц, квартал, год).

Оценку качества отдельных видов работ следует производить по результатам осреднения оценок степени соответствия параметров требованиям проекта и нормативных документов по формуле

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}, \quad (8.1)$$

где P – средняя оценка;

P_i – оценка степени соответствия i -го параметра требованиям проекта и нормативных документов, выраженная в баллах;

n – количество параметров, подлежащих оценке по каждому виду работ.

Оценку качества отдельных видов работ следует определять в зависимости от значений показателя P при:

– $P = 4,61-5,0$ – «отлично» (пять баллов);

– $P = 3,91-4,6$ – «хорошо» (четыре балла);

– $P = 3,0-3,9$ – «удовлетворительно» (три балла).

Оценку степени соответствия каждого параметра требованиям проекта и нормативных документов P_i на «отлично» и «хорошо» производят в соответствии с нормативными условиями.

Оценку «удовлетворительно» устанавливают, если допущено малозначительное отклонение параметра от требований технической документации (малозначительный дефект), согласованное с проектной организацией и заказчиком. При этом количество таких параметров не должно превышать 50 % от общего числа параметров, подлежащих оценке по данному виду работ.

Обязательным условием для приемки отдельных видов работ является полное соответствие параметров нормативным требованиям, а также применяемых материалов и изделий требованиям проекта, нормативных документов и стандартов.

В случае, если работа выполнена с малозначительными отклонениями параметров, от требований технической документации, согласованными с проектной организацией и заказчиком, значение комплексного показателя P , рассчитанного по формуле (7.1) для соответствующего вида работ, снижается на 0,25 (за каждый параметр). Если значение этого показателя получится меньше трех, данный вид работ оценивается на «удовлетворительно» (три балла).

Если при оценке степени соответствия параметров по какому-либо виду работ требованиям проекта и нормативных документов не выполнены указанные выше условия, эти работы подлежат повторной приемке и оценке после переделки (исправления).

8.2. Оценка качества устройства земляного полотна

Оценку качества устройства земляного полотна следует производить на основе расчета комплексного показателя по формуле

$$P = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \alpha_4 S_4 + \alpha_5 S_5}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5}, \quad (8.2)$$

где P – комплексный показатель;
 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 – соответственно оценка качества подготовки основания земляного полотна, возведения насыпей и разработки выемок, устройства водоотвода, присыпных обочины укрепительных работ в баллах;
 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – коэффициенты значимости видов работ, принимаемые соответственно 0,7; 1,0; 0,8; 0,6; 0,7.

При необходимости определения средней оценки качества каждого из перечисленных видов работ, выполненных в разное время или в разных местах на сдаваемом участке земляного полотна, следует использовать комплексный показатель P , рассчитываемый по формуле

$$P = \frac{5C_1 + 4C_2 + 3C_3}{C_1 + C_2 + C_3}, \quad (8.3)$$

где C_1, C_2, C_3 – сметные стоимости объемов данного вида работ, принятых соответственно с оценками «отлично», «хорошо» и «удовлетворительно».

Оценку качества в баллах по рассчитанному комплексному показателю следует производить в соответствии с нормативными указаниями.

8.3. Оценка качества устройства оснований и покрытий дорожных одежд

При необходимости определения средней оценки качества устройства оснований или покрытий, состоящих из отдельных участков, построенных и разное время или в разных местах, комплексный показатель рассчитывают по формуле

$$P = \frac{5L_1 + 4L_2 + 3L_3}{L_1 + L_2 + L_3}, \quad (8.4)$$

где L_1, L_2, L_3 – протяженность принятых участков оснований или покрытий, получивших соответственно оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

Оценку качества в баллах по комплексному показателю, рассчитанному по формуле (8.4), следует производить в соответствии с нормативными указаниями.

Качество устройства многослойных оснований и покрытий оценивают на основе показателя P , рассчитываемого по формуле

$$P = \frac{\sum_{i=1}^m Q_i}{m}, \quad (8.5)$$

где Q_i – оценка качества устройства каждого слоя в баллах;
 m – число слоев.

Оценку качества устройства многослойных оснований и покрытий в баллах по рассчитанному комплексному показателю следует производить в соответствии с нормативными указаниями.

Если оценка качества устройства многослойных покрытий, рассчитанная по формуле (8.5), оказалась выше, чем оценка качества устройства верхнего слоя, то за общую оценку принимают оценку качества устройства верхнего слоя покрытия.

8.4. Оценка качества строительно-монтажных работ по законченному строительством участку автомобильной дороги

Для оценки качества строительно-монтажных работ по законченному строительством участку автомобильной дороги комплексный показатель P рассчитывают по формуле

$$P = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \alpha_4 S_4 + \alpha_5 S_5 + \alpha_6 S_6 + \alpha_7 S_7}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7} + P_e, \quad (8.6)$$

где $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7$ – соответственно оценка качества подготовки основания земляного полотна, возведения на-

сыпей и разработки выемок, устройства водоотвода, присыпных обочин и укрепительных работ в баллах;

P_e – показатель эстетичности, значения которого могут приниматься от $\pm 0,1$ до $\pm 0,3$ в зависимости от качества отделочных работ и внешнего вида участка;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7$ – коэффициенты значимости соответственно:

- подготовительные работы 0,5;
- земляное полотно 1,0;
- искусственные сооружения 0,9;
- основания дорожных одежд 0,9;
- покрытия дорожных одежд 1,0;
- здания и сооружения дорожной и автотранспортной службы 0,6;
- обстановка и принадлежности дороги 0,7.

Качество строительно-монтажных работ в баллах по законченному строительством участку автомобильной дороги оценивают в зависимости от значений комплексного показателя P в соответствии с нормативными указаниями.

8.5. Оценка качества строительно-монтажных работ, выполненных за определенный период времени

Качество строительно-монтажных работ за определенный период времени (месяц, квартал, год) оценивают по формуле

$$K = \frac{5C_1 + 4C_2 + 3C_3}{C_1 + C_2 + C_3}, \quad (8.7)$$

где K – комплексная оценка качества работ;

C_1, C_2, C_3 – объем строительно-монтажных работ (по сметной стоимости), сданных соответственно с оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

Параметры, используемые при оценке качества строительно-монтажных работ, и условия их оценки

Конструктивный элемент, вид работ и контролируемый параметр	Условия оценки на	
	«хорошо»	«отлично»
1	2	3
1. Земляное полотно		
1.1. Подготовка основания земляного полотна		
1.1.1. Толщина снимаемого плодородного слоя грунта	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 40 %, остальные – до ± 20 %	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 40 %, остальные – до ± 20 %
1.1.2. Снижение плотности естественного основания	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 4 %, остальные должны быть не ниже проектных значений	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 2 %, остальные должны быть не ниже проектных значений
1.2. Возведение насыпей и разработка выемок		
1.2.1. Снижение плотности слоя земляного полотна ¹	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 4 %, а остальные должны быть не ниже проектных значений	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 2 %, а остальные должны быть не ниже требуемых
1.2.2. Высотные отметки продольного профиля	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 100 (20) мм ² ; остальные – до ± 50 (10) мм	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 100 (20) мм, остальные – до ± 50 (10) мм
1.2.3. Расстояния между осью и бровкой земляного полотна	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 20 см, остальные ± 10 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 20 см, остальные – до ± 10 см

¹ При отсыпке земляного полотна из скальных (крупнообломочных) грунтов этот показатель для оценки качества не используется.

² Здесь и далее данные в скобках относятся к работам, выполняемым с применением машин с автоматической системой задания вертикальных отметок.

Продолжение табл.

1	2	3
1.2.4. Поперечные уклоны	На более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 0,015 (минус 0,010) до 0,030 (0,015), остальные – до $\pm 0,010$ (0,005)	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 0,015 (минус 0,010) до 0,030 (0,015), остальные – до $\pm 0,010$ (0,005)
1.2.5. Уменьшение крутизны откосов	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 20 %, остальные – до 10 %	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 20 %, остальные – до 10 %
1.3. Устройство водоотвода		
1.3.1. Увеличение поперечных размеров кюветов, нагорных и других канав (по дну)	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 10 см, остальные – до 5 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 10 см, остальные – до 5 см
1.3.2. Глубина кюветов, нагорных и других канав (при условии обеспечения стока)	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 10 см, остальные – до ± 5 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 10 см, остальные – до ± 5 см
1.3.3. Поперечные размеры дренажей	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 10 см, остальные – до ± 5 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 10 см, остальные – до ± 5 см
1.3.4. Продольные уклоны дренажей	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до $\pm 0,002$, остальные – до $\pm 0,001$	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до $\pm 0,002$, остальные – до $\pm 0,001$
1.3.5. Ширина насыпных берм	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 30 см, остальные – до ± 15 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 30 см, остальные – до ± 15 см
1.4. Устройство присыпных обочин		
1.4.1. Снижение плотности грунта в обочинах	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 4 %, остальные должны быть не ниже проектных значений	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до 2 %, остальные должны быть не ниже проектных значений

Продолжение табл.

1	2	3
1.4.2. Толщина укрепления	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 22 до 30 мм, остальные – до ± 15 мм	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 22 до 30 мм, остальные – до ± 15 мм
1.4.3. Поперечные уклоны обочин	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 0,015 (минус 0,010) до 0,030 (0,015), остальные – до $\pm 0,010$ (0,005)	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 0,015 (минус 0,010) до 0,030 (0,015), остальные – до $\pm 0,010$ (0,005)
2. Основания и покрытия дорожных одежд		
2.1. Высотные отметки по оси	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 100 (20) мм, остальные – до ± 50 (10) мм	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 100 (20) мм, остальные – до ± 50 (10) мм
2.2. Ширина слоя ¹		
2.2.1. Цементобетонные основания и покрытия, мостовые	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 7,5 до 10 см, остальные – до ± 5 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 7,5 до 10 см, остальные – до ± 5 см
2.2.2. Все остальные типы оснований и покрытий 2	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 15 до 20 см, остальные – до ± 10 см	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 15 до 20 см, остальные – до ± 10 см
3. Толщина слоя		
2.3.1. Асфальтобетонные основания и покрытия	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 15 до 20 мм, остальные – до ± 10 мм	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 15 до 20 мм, остальные – до ± 10 мм
2.3.2. Все остальные типы оснований и покрытий	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 22 (минус 15) до 30 (20) мм, остальные – до ± 15 (10) мм	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 22 (минус 15) до 30 (20) мм, остальные – до ± 15 (10) мм

¹ При оценке качества устройства сборных цементобетонных покрытий этот показатель не определяется.

Продолжение табл.

1	2	3
2.4. Поперечные уклоны	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 0,015 (минус 0,010) до 0,030 (0,015), остальные – до $\pm 0,010$ (0,005)	Не более 5 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 0,015 (минус 0,010) до 0,030 (0,015), остальные – до $\pm 0,010$ (0,005)
2.5. Ровность ¹ (просвет под рейкой длиной 3 м)		
2.5.1. Основания и покрытия из крупнообломочных, песчаных и глинистых грунтов и отходов промышленности, укрепленных неорганическими и органическими вяжущими материалами: для дорог I, II и III категорий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 14 (10) мм, остальные – до 7 (5) мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 14 (10) мм, остальные – до 7 (5) мм
для дорог IV и V категорий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 20 мм, остальные – до 10 мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 20 мм, остальные – до 10 мм
для дорог I-с, II-с и III-с категорий и внутренних дорог промышленных предприятий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные – до 15 мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные – до 15 мм
2.5.2. Щебеночные, гравийные и шлаковые основания и покрытия. Основания и покрытия из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими материалами:		
для дорог I, II и III категорий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 20 (10) мм, остальные – до 10 (5) мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 20 (10) мм, остальные – до 10 (5) мм

¹ При оценке качества устройства дополнительных слоев основания (морозозащитных, изолирующих, дренажных и др.) этот показатель не определяется. Для сборных цементобетонных покрытий ровность уложенных плит определяется только при приемке дорог в эксплуатацию.

Продолжение табл.

1	2	3
для дорог IV, V категорий и внутренних дорог промышленных предприятий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные – до 15 мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные – до 15 мм
для дорог I-с, II-с и III-с категорий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 40 мм, остальные – до 20 мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 40 мм, остальные – до 20 мм
2.5.3. Основания и покрытия из дегтебетонных смесей, черного щебня и щебеночных смесей по способу пропитки органическими вяжущими и способом смешения на дороге:		
для дорог I, II и III категорий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 14 (10) мм, остальные – до 7 (5) мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 14 (10) мм, остальные – до 7 (5) мм
для дорог IV, V категорий и внутренних дорог промышленных предприятий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 20 мм, остальные – до 10 мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 20 мм, остальные – до 10 мм
для дорог I-с, II-с и III-с категорий	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные – до 15 мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 30 мм, остальные – до 15 мм
2.5.4. Асфальтобетонные и монолитные цементобетонные основания и покрытия	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 10 (6) мм, остальные – до 5 (3) мм	Не более 2 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 10 (6) мм, остальные – до 5 (3) мм
2.6. Разница в уровне поверхности в швах монолитных цементобетонных оснований и покрытий	Не более 20 % результатов определений могут иметь значения в пределах до 10 (7) мм, остальные – до 3 (2) мм	Не более 10 % результатов определений могут иметь значения в пределах до 10 (7) мм, остальные – до 3 (2) мм
2.7. Превышение граней смежных плит сборных цементобетонных покрытий:		
для дорог I, II и III, I-к, II-к, I-л и II-л категорий	Не более 20 % результатов определений могут иметь значения в пределах до 10 мм, остальные – до 5 мм	Не более 10 % результатов определений могут иметь значения в пределах до 10 мм, остальные – до 5 мм

Окончание табл.

1	2	3
для дорог IV и V категорий	Не более 20 % результатов определений могут иметь значения в пределах до 14 мм, остальные – до 7 мм	Не более 10 % результатов определений могут иметь значения в пределах до 14 мм, остальные – до 7 мм
для дорог I-с, II-с, III-с категорий и внутренних дорог промышленных предприятий, кроме I-к, II-к, I-л и II-л категорий	Не более 20 % результатов определений могут иметь значения в пределах до 20 мм, остальные – до 10 мм	Не более 10 % результатов определений могут иметь значения в пределах до 20 мм, остальные – до 10 мм

Контрольные вопросы

1. Оценку каких видов работ или устройств конструктивных элементов дорог следует производить в процессе выполнения строительного-монтажных работ при строительстве автомобильных дорог?

2. Приведите аналитическое выражение для оценки качества устройства земляного полотна?

3. Как, при необходимости, рассчитывают комплексный показатель для определения средней оценки качества устройства оснований или покрытий, состоящих из отдельных участков, построенных в разное время или в разных местах?

4. По какой формуле рассчитывают комплексный показатель для оценки качества строительного-монтажных работ по законченному строительством участку автомобильной дороги?

5. Приведите формулу оценки качества строительного-монтажных работ за определенный период времени (месяц, квартал, год).

6. Раскройте содержание отдельных параметров, используемых при оценке качества строительного-монтажных работ и условия их оценки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В материалах учебного пособия изложены следующие подходы к решению задач повышения несущей способности и стабильности дорожных грунтов:

1. Проведение анализа общих сведений о грунтах, используемых для устройства земляного полотна и дорожной одежды, их классификации, теоретических предпосылках основ уплотнения земляного полотна и дорожной одежды, а также требований к плотности грунта в теле насыпи, надежности и прочности дорожной конструкции.

2. Применение методов и технологий стабилизации и укрепления грунтов в дорожном строительстве с использованием высококачественных материалов для дорожных конструкций.

3. Проведение обследования дорожных конструкций с целью оценки их прочности и дальнейшей разработки мероприятий по повышению несущей способности данных конструкций.

4. Применение методов строительства и укрепления новых и реконструкции существующих автомобильных дорог.

5. Применение методов регенерации покрытий и нежестких дорожных одежд.

6. Осуществление поэтапной приемки выполненных работ.

7. Проведение оценки качества строительно-монтажных работ при строительстве автомобильных дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Межгосударственные отраслевые дорожные нормы МОДН 2 – 2001. Проектирование нежестких дорожных одежд. Дата актуализации 1.12 2013 г. [Текст]. – М.: Межправительственный совет дорожников, 2002. – 153 с.
2. ОДН 218.1.052-2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд» [Текст]. – М.: Росавтодор, 2003. – 42 с.
3. ОДМ 218.1.004-2011 Отраслевой дорожный методический документ. Классификация стабилизаторов грунтов в дорожном строительстве [Текст]. – М.: ООО "НВЦ "Индортех", 2011. – 8 с.
4. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1986. – 56 с.
5. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1989. – 111 с.
6. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог [Текст]: учебник в двух томах / А.П. Васильев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – Т. 1. – 315 с.
7. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог [Текст]: учебник в двух томах [Текст] / А.П. Васильев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – Т. 2. – 320 с.
8. Справочник дорожного мастера. Строительство, эксплуатация и ремонт автомобильных дорог [Текст] / под ред. С.Г. Цупикова. – М.: Инфа-Инженерия, 2005. – 925 с.
9. Бажанов, А.П. Управление и контроль качества автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 277 с.
10. Хархута, Н.Я. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог [Текст] / Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев. – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.
11. Подольский, Вл.П. Строительство автомобильных дорог. Земляное полотно [Текст]: учебник / Вл.П. Подольский, А.В. Глагольев, П.И. Поспелов; под ред. Вл.П. Подольского. – М.: ИЦ «Академия», 2014. – 432 с.
12. Добров, Э.М. Дорожное грунтоведение: Методы повышения несущей способности и стабильности грунтов [Текст]: учеб. пособие / Э.М. Добров [и др.]; под ред. Э.М. Доброва. – М.: ИЦ «Академия», 2014. – 208 с.
13. Ушаков В.В. Строительство автомобильных дорог [Текст]: учебник / В.В. Ушаков [и др.]; под ред. В.В. Ушакова и В.М. Ольховикова. – М.: КРОНУС, 2013. – 576 с.

Дополнительная литература

14. ГОСТ 22733–2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности [Текст]. – М.: ФГУП СоюздорНИИ, 2002. – 15 с.

15. ОДН218.010-98. Инструкция по проектированию, строительству и эксплуатации ледовых переправ. ФДС России [Текст]. – М., 1998.
16. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийные и песчаные грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства [Текст]. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2005. – 13 с.
17. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости [Текст]. – М.: Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений (НИИОСП) им. Н.М. Герсеванова, 2010. – 78 с.
18. ГОСТ 26447–85. Породы горные. Метод определения механических свойств глинистых пород при одноосном сжатии [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 22 с.
19. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы определения физических характеристик [Текст]. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2005. – 20 с.
20. ГОСТ 25584–90. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации [Текст]. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2015. – 18 с.
21. ГОСТ 28622–90. Грунты. Методы лабораторного определения степени пучинистости [Текст]. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2013. – 8 с.
22. ГОСТ 24143–80. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик набухания и усадки [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 41 с.
23. ОДМ 218.1.001-2010. Рекомендации по разработке и применению документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства [Текст]. – М.: Издательство стандартов; М: Росавтодор, 2010. – 12 с.
24. ОДМ 218.1.002-2010. Рекомендации по организации и проведению работ по стандартизации в дорожном хозяйстве [Текст]. – М.: Росавтодор, 2010. – 24 с.
25. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация [Текст]. – М.: Научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ПНИИИС), 1996. – 71 с.
26. ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ [Текст]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 38 с.
27. ГОСТ 3344-2000: Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия [Текст]. – М.: ФГУП Стандартиформ, 2000. – 25 с.
28. ГОСТ 25607-95. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия [Текст]. – М.: СоюздорНИИ, 1995. – 12 с.
29. ГОСТ 8736-95: Песок для строительных работ. Технические условия [Текст]. – М.: ВНИПИИстромсырье, 1995. – 8 с.
30. ГОСТ 12536-2003: Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава [Текст]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 75 с.

31. ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ [Текст]. – М.: ВНИПИИстромсырье, 1998. – 75 с.
32. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний [Текст]. – М.: Корпорацией «Трансстрой», 1998. – 34 с.
33. ГОСТ Р 5212-2003. Эмульсии битумные дорожные. Технические условия [Текст]. – М.: ФГУП "СоюздорНИИ, 2003. – 14 с.
34. СНиП 3.01.01-95. Организация строительного производства [Текст]. – М.: Госстрой СССР, 1995. – 23 с.
35. Канищев А.Н. Диагностика автомобильных дорог и назначение ремонтных мероприятий [Текст]: учеб пособие / А.Н. Канищев, О.В. Рябова, А.А. Быкова.– Воронеж: Изд. ВГАСУ, 2004. – 106 с.
36. Садилов, И.С. Прогнозирование и управление транспортно-эксплуатационными качествами автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / И.С. Садилов. – Ташкент: Изд-во «АДОЛАТ», 2004. – 238 с.
37. Смирнов, А.В. Конструкции и технологии строительства автомобильных дорог в сложных природных условиях [Текст]: учеб. пособие / А.В. Смирнов [и др.]; под ред. д.т.н., проф. А.В. Смирнова. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2005. – 172 с.
38. Базавлук, В.А. Уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог: Теоретические основы и технологии [Текст]: учеб. пособие / В.А. Базавлук, Е.Ю. Кузнецов.– Томск: Изд. Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2006. – 100 с.
39. Першин, М.Н. Возведение земляного полотна автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / М.Н. Першин, Г.И. Артюхина.– СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2007. – 116 с.
40. Корочкин, А.В. Проектирование усиления дорожных одежд [Текст]: учеб. пособие / А.В. Корочкин.– М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2007. – 86 с.
41. Цупиков, С.Г. Технология и организация возведения земляного полотна автомобильных дорог [Текст]: учеб. пособие / С.Г. Цупиков, В.М. Дудин, И.С. Тюремнов. – Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. техн. ун-та, 2008. – 100 с.
42. Казарновский, В.Д. Основы обеспечения прочности и устойчивости дорожных конструкций (спецкурс) [Текст]: учеб. пособие / В.Д. Казарновский. – М.: Техпологицентр, 2009. – 98 с.
43. Филатов С.Ф. Восстановление асфальтобетонных покрытий методом холодного ресайклинга [Текст]: учеб. пособие / С.Ф. Филатов. – Омск: Изд. СибАДИ, 2009. – 72 с.
44. Алиев Али Муса оглы. Строительство автомобильных дорог и аэродромов [Текст] / Алиев Али Муса оглы. – М.: ООО «Трансдорнаука», 2013. Т. 1. – 399 с., т.2. – 340 с., т.3. – 352 с., т. 4. – 304 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. АНАЛИЗ ОБЩИХ СВЕДЕНИЙ О ГРУНТАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.....	7
1.1. Классификация грунтов, используемых для устройства земляного полотна и дорожной одежды.....	7
1.2. Расположение грунтов в теле насыпи.....	12
1.3. Теоретические предпосылки основ уплотнения земляного полотна.....	15
1.4. Методы определения оптимальной плотности и влажности грунта.....	16
1.5. Требования к плотности грунта в теле насыпи.....	22
1.6. Методы расчета надежности и прочности дорожной конструкции.....	23
Контрольные вопросы.....	45
2. МЕТОДЫ СТАБИЛИЗАЦИИ И УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	46
2.1. Технология стабилизации грунтов в дорожном строительстве.....	46
2.2. Методы крепления грунтов верхней части земляного полотна (рабочий слой), насыпей и выемок.....	52
2.3. Методы укрепления дорожных одежд.....	64
2.4. Материалы для дорожных одежд.....	67
Контрольные вопросы.....	70
3. МЕТОДЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ИХ ПРОЧНОСТИ.....	72
3.1. Порядок проведения оценки прочности дорожных конструкций.....	72
3.2. Предварительное обследование дорожных конструкций.....	74
3.3. Подготовка к детальному обследованию.....	75
3.4. Испытание дорожных одежд нагрузкой (детальное обследование).....	77
3.5. Полевые испытания дорожной одежды в расчетный период года.....	80
3.6. Полевые испытания дорожной одежды в нерасчетный период года.....	81
3.7. Упрощенные полевые испытания.....	81
3.8. Обработка результатов полевых испытаний.....	82
3.8.1. Обработка результатов полевых испытаний, проведенных в расчетный период года.....	82
3.8.2. Назначение требуемой прочности нежестких дорожных одежд.....	87
Контрольные вопросы.....	90
4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД.....	91
4.1. Методы конструирования и расчета слоев усиления дорожной одежды.....	91
4.2. Ограничение движения автомобилей на дорогах в период наибольшего ослабления дорожных конструкций.....	94
Контрольные вопросы.....	97
5. МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА И УКРЕПЛЕНИЯ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.....	98
5.1. Общие положения.....	98
5.2. Сооружение земляного полотна.....	99
5.3. Устройство оснований и покрытий из крупнооблоочных, песчаных и глинистых грунтов и отходов промышленности, укрепленных неорганическими и органическими вяжущими материалами.....	107

5.4. Устройство щебеночных, гравийных, шлаковых оснований и покрытий и мостовых	112
5.5. Устройство оснований и покрытий из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных неорганическими вяжущими материалами	115
5.6. Устройство оснований и покрытий из дегтебетонных смесей, черного щебня и щебеночных смесей по способу пропитки органическими вяжущими и смешением на дороге	117
5.7. Устройство асфальтобетонных покрытий и оснований	122
5.8. Устройство поверхностной обработки покрытий	125
Контрольные вопросы	127
6. МЕТОДЫ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОКРЫТИЙ И НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ..	129
Контрольные вопросы	141
7. ПРИЕМКА ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ	142
Контрольные вопросы	144
8. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	145
8.1. Общие положения	145
8.2. Оценка качества устройства земляного полотна	146
8.3. Оценка качества устройства оснований и покрытий дорожных одежд	147
8.4. Оценка качества строительно-монтажных работ по законченному строительством участку автомобильной дороги	147
8.5. Оценка качества строительно-монтажных работ, выполненных за определенный период времени	148
Контрольные вопросы	154
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	155
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	156

Учебное издание

Бажанов Анатолий Павлович

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ГРУНТОВ

Учебное пособие

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 24.06.15. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л. 10,0. Тираж 300 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ № 257.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.