

*Стандартные технические
условия на полиэнзимную
жидкость для стабилизации
грунтов*

ECORoads-DS

1. ПРИМЕНЕНИЕ СТАБИЛИЗАТОРА

1.1 *Общие сведения*

Площадка должна быть равномерно обработана, без рыхлой породы или зон расслоений, иметь однородную плотность и влажность по всей глубине, ее поверхность должна быть гладкой.

1.2 *Допуски на влажность*

После измельчения и перед нанесением стабилизатора ECOroads содержание влаги в материале основания или подстилающего грунта должно быть не менее 95% оптимального и не более оптимального для обрабатываемого грунта (оптимальное содержание влаги для материалов основания и подстилающего грунта, подвергаемых обработке раствором жидкого стабилизатора, определяется методом испытания ASTM D-1557). Содержание влаги должно проверяться в нескольких точках на каждом обрабатываемом участке, чтобы гарантировать ее величину в пределах допуска по всей длине и ширине участка. Более сухие материалы, чем допустимо, доводятся до кондиции дополнительным орошением водой для достижения однородной влажности всего слоя в пределах требуемого допуска. Более влажные материалы, чем допустимо, подсушиваются естественным путем или аэрируются при благоприятных погодных условиях с помощью смесительного оборудования (грейдеров, тракторных дисковых борон, поперечных роторных миксеров). Аэрация с помощью уплотнительного оборудования типа кулачковых катков запрещается.

1.3 *Нормы расхода*

Норма расхода стабилизатора грунта ECOroads составляет 1 (один) литр на 30 (тридцать) кубических метров необработанного подстилающего/скелетного материала. Допуск по расходу составляет плюс-минус 15 (десять) процентов. Однако если лабораторные испытания демонстрируют стабильное увеличение прочности при увеличении расхода, допускается увеличение нормы, но не более 5 (пяти) - кратного стандартного расхода.

1.4 *Пропорции разбавления*

Пропорции для разбавления стабилизатора грунта ECOroads водой могут колебаться от соотношения 1:100 до 1:500. Пропорция разбавления ECOroads определяется в зависимости от объема обрабатываемого подстилающего/скелетного материала и состояния влажности грунта или погодных условий в местах применения стабилизатора. Стабилизатор грунта ECOroads добавляется из расчета 1 (один) литр на 30 (тридцать) кубических метров грунта независимо от объема воды, необходимого для доведения содержания

влаги в обрабатываемом материале до оптимального значения плюс-минус 2% (оптимальное содержание влаги для материалов основания и подстилающего грунта, подвергаемых обработке раствором жидкого стабилизатора, определяется методом испытания ASTM D-1557). Однако после измельчения и перед нанесением стабилизатора ECOroads содержание влаги в материале основания или подстилающего грунта должно быть не менее 95% оптимального и не более оптимального для обрабатываемого грунта (оптимальное содержание влаги для материалов основания и подстилающего грунта, подвергаемых обработке раствором жидкого стабилизатора, определяется методом испытания ASTM D-1557).

1.5 *Методика разбавления*

Весь объем воды для разбавления (100%), необходимый для доведения содержания влаги в обрабатываемом объеме подстилающего грунта/скелетного материала до оптимального значения плюс-минус 2%, сначала помещается в смесительный бак перед добавлением раствора стабилизатора грунта ECOroads. После добавления в разбавляющую воду стабилизатора грунта ECOroads потребуется 5-10 мин для смешивания для рабочего раствора стабилизатора с водой. Если имеется техническая возможность, то возможно осуществление механического перемешивания стабилизатора с водой.

1.6 *Подготовка к применению*

Если представителем заказчика не утверждено иное, подлежащий обработке грунтовый материал должен быть уложен последовательными слоями по всей ширине сечения индивидуальной выработки и на длину, оптимальную для используемого метода нанесения стабилизатора и уплотнения. Перед началом обработки каждого участка дороги стабилизатором подрядчик представляет на рассмотрение представителя заказчика письменное заключение. В заключении должна содержаться следующая информация:

- Содержание влаги в грунтовом материале на месте проведения работ для каждого обрабатываемого участка и оптимальное содержание влаги после обработки для данного материала.
- Емкость и планируемый уровень заполнения для всех распылителей, поливальных машин и прочего оборудования, которое будет использоваться для транспортировки, распыления или иного распределения раствора стабилизатора.
- Объем грунтового материала, подлежащего обработке на каждом участке проекта.
- Расчетное количество жидкого стабилизатора, требуемое для обработки объема грунтового материала на каждом участке проекта.
- Расчетное количество раствора стабилизатора (общее количество литров жидкого стабилизатора плюс общее количество литров разбавляющей воды), требуемое для каждого участка, подлежащего обработке.

1.7 *Применение*

Применение раствора стабилизатора должно ограничиваться площадью участка, специально подготовленной и отмеренной так, чтобы все операции, включая смешивание, уплотнение и разравнивание были непрерывными и завершались в этот же день. Если не ожидается падения ночных температур ниже +5°C, по решению представителя заказчика обработанный материал может быть оставлен на ночь в кучах или грядах при условии контроля и поддержания влажности в пределах допуска к моменту возобновления работ на следующий день.

- Если иное не утверждено представителем заказчика, обработку стабилизатором не следует начинать, если температура воздуха ниже +4,5°C и есть тенденция к снижению температуры. Раствор стабилизатора не следует применять в период дождей. Если дождь начинается во время применения раствора стабилизатора, и происходит перерасход раствора, подрядчик должен за свой счет повторно нанести раствор стабилизатора на поврежденные участки из расчета 1/2 нормы первоначального расхода. После этого подрядчик должен заново смешать и уплотнить материал до получения исходных характеристик первоначального применения.
- В условиях быстрого высыхания 5% раствора стабилизатора оставляется и разбрызгивается по поверхности материала при окончательном уплотнении и/или разравнивании, чтобы не допустить обезвоживания и расслоения во время обработки.
- Толщина слоя более 0,2 м, но не более 0,3 м допускается только с согласия представителя заказчика. При работе в рамках данных технических условий подрядчик должен за свой счет продемонстрировать способность обеспечить не менее 95% оптимальной плотности, определяемой испытаниями по методу ASTM D-1557.
- Раствор стабилизатора должен распределяться и наноситься равномерно и таким образом, чтобы при визуальной инспекции на всем объеме грунта пропитка стабилизатором была равномерной. Если при инспекции обнаруживаются необработанные участки, подрядчик может вручную нанести на них раствор стабилизатора для обеспечения сплошного покрытия. Если распыление неоднородно, и участки с неполным покрытием повторяются, подрядчик должен заново смешать материал приемлемым для представителя заказчика методом и добиться однородной смоченности обработанного материала.
- Подрядчик должен принимать меры предосторожности при нанесении раствора на уклонах и в случае образования канавок или колеиности при работе строительной техники, чтобы не допустить утечки раствора стабилизатора с обрабатываемой площади. Если сток раствора стабилизатора при нанесении приводит к его утечке с обрабатываемой площади или к образованию луж, в процедуру нанесения немедленно необходимо внести коррективы. Подрядчик будет должен провести повторные проходы для нанесения раствора и/или смешивания, в ходе которых количество наносимого раствора стабилизатора должно быть уменьшено, что приведет к нанесению указанного объема без чрезмерного стока и образования луж. Любые другие корректирующие методы, не связанные с дополнительными проходами для нанесения раствора и/или смешивания, должны быть вначале продемонстрированы представителю заказчика и получить его одобрение.

Грунтовый материал и раствор стабилизатора тщательно перемешиваются. В качестве первичного смесительного агрегата рекомендуется используется сельскохозяйственной глубинной дисковой бороны с приводом от трактора. Для дополнительного перемешивания может использоваться поперечный роторный миксер. По согласованию с представителем заказчика, в качестве смесительного агрегата может также использоваться самоходный грейдер или другой подходящий агрегат. Перемешивание производится до тех пор, пока обрабатываемый материал не образует однородную смесь с содержанием влаги в пределах, указанных выше для уплотнения.

- Если, благодаря естественным метеоусловиям, содержание влаги увеличивается сверх допустимого до полного и окончательного уплотнения, то потребуются повторное перемешивание и воздушная сушка для уменьшения влажности подстилающего материала или материала основания. Если, благодаря естественным метеоусловиям, содержание влаги уменьшается ниже допустимого до полного и окончательного уплотнения, то потребуются восстановление влажности путем дополнительного орошения водой. Перед уплотнением обработанного материала его влажность должна быть в пределах допусков для уплотнения, указанных выше.
- Операции нанесения стабилизатора и смешивания должны быть непрерывными. Если уплотненный слой подлежит обработке с помощью шлифовального или планировочного оборудования, обработку можно завершить позднее, если до ее проведения поверхность поддерживать во влажном состоянии.
- Если расход раствора стабилизатора превышает поглощающую способность разрыхленного грунтового материала, и образуются лужи или происходит сток с обрабатываемой площади, необходимо немедленно внести коррективы в строительные операции.

Если иное не оговорено представителем заказчика, перед уплотнением подрядчик должен провести аэрацию или орошение и анализ подстилающего/скелетного материала, чтобы обеспечить содержание влаги в обработанном материале не ниже 97% и не выше оптимального (определение испытанием по методу ASTM D-1557). Аэрация с помощью уплотнительного оборудования типа кулачковых катков запрещается. Уплотнение обработанной подстилающей/скелетной смеси следует начинать сразу по достижении требуемого разрыхления смешивания и содержания влаги.

- Кулачковые катки могут использоваться для уплотнения совместно с другой необходимой техникой.

Кулачковые катки должны делать непрерывные проходы по всей обрабатываемой площади, пока после них на поверхности не будут оставаться лишь минимальные вмятины. Ступени должны оставаться достаточно высокими, и операции уплотнения должны проводиться так, чтобы окончательное выравнивание до твердой однородной поверхности производилось подрезкой и отделкой самоходным грейдером. Все удаленные материалы должны сдвигаться к краю обработанного участка и утилизироваться.

Каждый слой должен равномерно уплотняться до достижения плотности не менее 95% от оптимальной, определяемой испытанием по методу ASTM D-2922. Определение плотности на площади производится по методу ASTM D-2922. В ходе выполнения операции уплотнения должен выдерживаться уровень слоя с помощью соответствующего оборудования для обеспечения

равномерного уплотнения по всему слою. Если по какой-либо причине обработанные материалы потеряют требуемую стабильность, плотность или отделку до наложения следующего слоя или до приемки проекта, дефектные участки подлежат повторной обработке согласно изложенному ниже.

*1.10 **Повторная обработка участка***

Если участок подвергается повторной обработке после применения стабилизатора и в течение 24 часов после окончания уплотнения, подрядчик должен повторно обработать участок для обеспечения требуемого уплотнения. Через 24 часа после окончания уплотнения участок, требующий повторной обработки, должен поддерживаться в состоянии оптимальной или более высокой влажности до начала повторной обработки. Если участок повторно обрабатывается через 24 часа после окончания уплотнения, и он имеет влажность ниже оптимальной и перешел в твердое и сухое состояние, подрядчик должен снова нанести раствор стабилизатора на поврежденную площадь из расчета 1/2 (половины) первоначального расхода и снова перемешать и уплотнить материал до соответствия первоначальным условиям. После повторной обработки участка определяется новая оптимальная плотность повторно обработанного материала испытанием по методу ASTM D-1557. Повторная обработка производится за счет подрядчика.

*11. **Отделка и отверждение***

После уплотнения последнего слоя или пласта материала он должен быть приведен к требуемому уровню и в границы в соответствии с типовыми секциями. Законченная секция должна отделяться укаткой с помощью пневмошины или другого катка по согласованию с представителем заказчика. Затем секция должна отвердевать в течение 72 часов, прежде чем открывать ее для движения транспорта. С согласия представителя заказчика движение по обработанной подстилающей, скелетной поверхности может возобновляться не ранее, чем после 48 часов отвердевания. Подрядчик несет ответственность за ликвидацию колеиности или повреждений, образовавшихся в процессе отвердевания материала.

2. ДОПУСКИ

*2.1 **Допуски должны удовлетворять следующим требованиям:***

Допуск на толщину обработанного подстилающего/скелетного слоя: В течение всего процесса перемешивания подрядчик не должен увеличивать или уменьшать глубину обрабатываемого грунтового слоя секции, определенную в планах, без согласования с представителем заказчика, в планах, без согласования с представителем заказчика. В случае отклонений такая секция подлежит повторной обработке в соответствии со строительными операциями, описанными выше.

ВВЕДЕНИЕ В МЕХАНИКУ ГРУНТОВ

Введение в основы механики грунтов для
дорожного строительства

Добро пожаловать в раздел «Введение в механику грунтов» руководства для дистрибьюторов. Задача этого общего введения - ознакомить вас с важными свойствами грунтов применительно к инженерно-техническим разработкам. Мы не рассчитываем, что наши дистрибьюторы будут разбираться в механике грунтов на уровне инженеров, но важно, чтобы вы понимали некоторые наиболее важные идеи, касающиеся строительства дорог.

В то время как почвоведы, грунтоведы и геологи посвящают себя механике грунтов, данный раздел посвящен механике грунтов, какой она воспринимается инженерами. *При инженерно-техническом подходе к изучению грунтов основное внимание обращается на стабильность грунтов как строительных материалов и на их способность выдерживать нагрузки от разных сооружений типа дорог и от движения транспорта.*

Стабильность грунта для строительства основана на ряде классифицирующих признаков - общих измерений, по которым инженеры определяют механические свойства грунта. Как будет ясно из данного раздела, эти свойства, в основном, определяются типом частиц, их размером и распределением, плотностью и содержанием влаги. Инженеры используют эти свойства для классификации грунтов и расчета таких характеристик как прочность на сдвиг и сжимаемость (эти характеристики тоже рассматриваются в данном разделе). Все эти свойства и характеристики определяются путем простых лабораторных или полевых испытаний.

Мы рассмотрим следующие вопросы

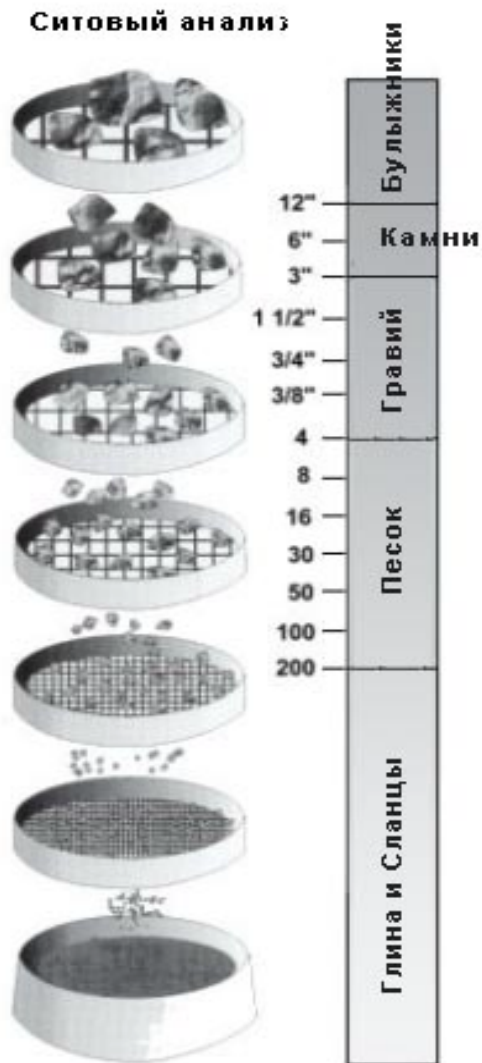
Гранулометрический состав и ситовый анализ
Предел пластичности Аттерберга
Предел усадки
Предел текучести
Предел пластичности
Коэффициент пластичности
Испытания на жесткость и предел
выносливости
Испытание по Проктору
Калифорнийское число
Предел прочности при неограниченном
сжатии

Коэффициент сопротивления
Дальнейшие испытания:
Дополнительные лабораторные и
полевые испытания
Тест по методу мерного цилиндра
Калифорнийское число - полевое
определение
Дефлектометр с падающим грузом
Динамический конусный
пенетrometer
Испытательная прокатка
Испытание нагружением плиты

Гранулометрический состав и ситовый анализ

Ситовый анализ (или гранулометрический тест) - это метод определения распределения частиц в грунте по размерам. При ситовом анализе определяется сухая масса грунта, задержанного каждым слоем в стопке сит, размер отверстий которых изменяется от самого большого в верхнем до самого маленького в нижнем сите стопки. Измеряются не размеры индивидуальных частиц, а диапазон размеров (т.е. меньше, чем в сите сверху, но больше, чем в сите снизу). Гранулометрический состав используется для классификации грунтов и определения их пригодности для различных технических целей.

Существуют три основных типа грунтов: *СВЯЗНЫЕ*, *СЫПУЧИЕ* и *ОРГАНИЧЕСКИЕ* (последний тип грунтов непригоден для уплотнения и не будет рассматриваться здесь).



Номер размера	Отверстие, мм
4	4.750
6	3.350
8	2.360
12	1.680
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.180
100	0.150
140	0.106
200	0.075

вязные грунты

Связные грунты состоят из самых мелких частиц. Эти грунты имеют высокую плотность, и частицы в них прочно связаны друг с другом. Во влажном состоянии эти грунты пластичны, и их можно формовать, но становятся очень твердыми при высыхании. Для хорошего уплотнения крайне важно нужное количество равномерно распределенной влаги.

Сыпучие грунты

Сыпучие грунты известны своими дренажными свойствами. Песок и гравий достигают максимальной плотности либо в совершенно сухом, либо в насыщенном водой состоянии. Кривые испытаний сравнительно плоские, поэтому плотность можно определить независимо от содержания воды.

ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО:

Чтобы знать поведение грунта под нагрузкой, крайне важно знать распределение частиц в нем. Совершенно не безразлично, строится дорога на отличном земляном полотне или на зыбучих песках. Кроме того, чтобы эффективно работать, ECRoads требует определенного диапазона классов, в том числе примерно 25% глины.

Предел усадки (ПУ)

Предел усадки (ПУ) - это уровень содержания воды, при котором дальнейшая потеря влаги уже не приводит к уменьшению объема. Предел усадки определяется в испытании ASTM International D4943 (международный стандарт Американского общества испытания материалов). Предел усадки используется значительно реже, чем предел текучести и предел пластичности.

Предел пластичности (ПП)

Предел пластичности определяется как содержание влаги, при котором грунт начинает себя вести как пластичный материал. Пластичному материалу можно придать форму, и он ее сохранит. Если содержание влаги ниже предела пластичности, грунт ведет себя как твердое вещество, а не как пластичный материал. Если содержание влаги увеличивается выше предела пластичности, наступает предел текучести. Предел текучести определяется как содержание влаги, при котором грунт ведет себя как жидкость.

ПРОЦЕДУРА - Как проводится испытание на предел пластичности.

* Используется только грунт, который проходит через сито № 40 по стандарту ASTM для данного испытания.



1. Из грунта делается шар диаметром 0,75 дюйма (1,9 см) и кладется на стеклянную пластину. Шар раскатывается в шнур толщиной примерно 1/8 дюйма (0,32 см).
2. Если шнур начинает крошиться до достижения диаметра 1/8 дюйма (0,32 см), то образец слишком сухой, и нужно добавить воды. Если шнур легко раскатывается до диаметра 1/8 дюйма и даже меньше, то образец слишком влажный, и его нужно подсушить, разминая в руках.
3. Если образец начинает крошиться при диаметре 1/8 дюйма (0,32 см), это означает предел пластичности.

Предел текучести (ПТ)

Предел текучести определяется как уровень содержания влаги, при котором грунт начинает себя вести как жидкий материал, и начинает течь. В лаборатории предел текучести определяется как содержание влаги, при котором два края канавки, сформированной в грунте, находящемся в латунной чашке, смыкаются между собой на длине 1/2 дюйма (1,27 см) после 25 ударов. Поскольку очень трудно точно уловить такое состояние, испытание повторяется, пока края канавки не сомкнутся на длине 1/2 дюйма (1,27 см) после более 25 ударов и после менее 25 ударов. Можно построить график зависимости количества ударов от содержания влаги, и найти по графику содержание влаги для 25 ударов методом интерполяции.

Коэффициент пластичности (КП)

Коэффициент пластичности (КП) является мерой пластичности грунта. Коэффициент пластичности - это величина диапазона содержания влажности, в котором грунт проявляет пластические свойства. Коэффициент пластичности равен разности предела текучести и предела пластичности ($КП = КТ - ПП$).

ИСПЫТАНИЯ НА ЖЕСТКОСТЬ И ПРЕДЕЛ ВЫНОСЛИВОСТИ

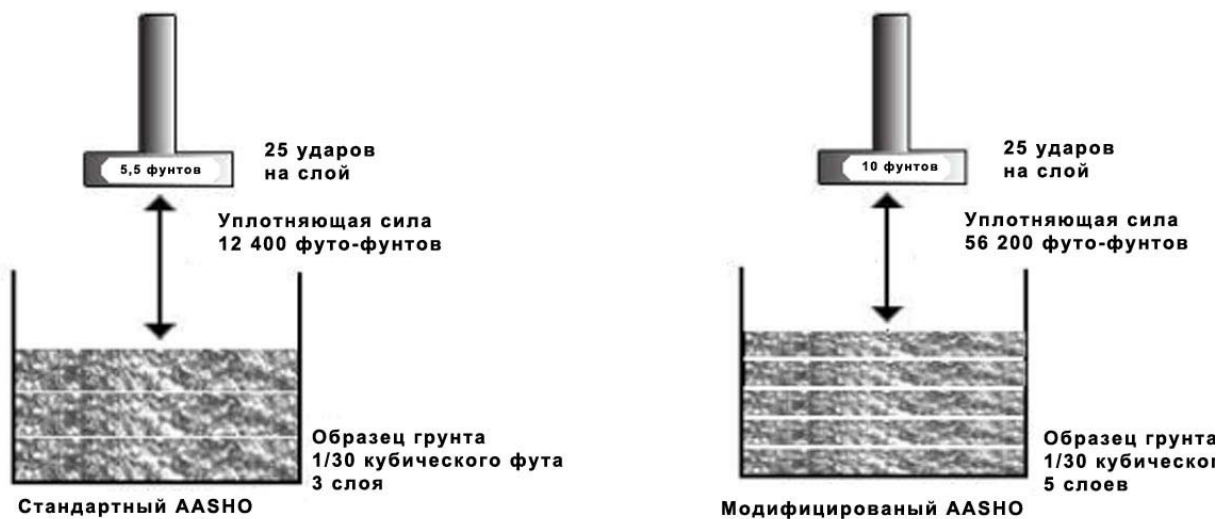
Материалы земляного полотна обычно характеризуются своим сопротивлением деформации под нагрузкой, которое может быть мерой их прочности (напряжением, необходимым для разлома или разрыва материала) или мерой жесткости (соотношением между напряжением и натяжением в диапазоне пластичности или способностью материала восстанавливать первоначальную форму и размеры после воздействия напряжения). В общем плане, чем выше сопротивляемость земляного полотна деформации, тем большую нагрузку оно может выдержать до достижения точки критической деформации. Стандартные испытания включают испытание по Проктору, определение калифорнийского числа (CBR), предела прочности при неограниченном сжатии (UCS), значения сопротивления (R) и модуля упругости (MR). Хотя при оценке материалов земляного полотна учитываются и другие факторы (например, набухание в случае определенных глин), жесткость является наиболее общей характеристикой.

Испытание по Проктору

Испытание на уплотнение по Проктору (ASTM D1557-91) и связанное с ним модифицированное испытание по Проктору определяют максимальную практически достижимую плотность грунтов и скелетных материалов.

Испытание заключается в уплотнении испытуемого грунта или скелетного материала в стандартной форме с приложением стандартизованной уплотняющей силы при разных уровнях содержания влаги. По результатам испытания определяются наибольшая объемная масса в сухом состоянии и оптимальное содержание влаги.

ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО: При уплотнении необходимо знать оптимальное содержание влаги, чтобы уплотнить грунт земляного полотна до наибольшей объемной массы в сухом состоянии. Примером того, где при строительстве может применяться испытание по Проктору, может быть подбор скелетного материала для использования в качестве фундамента дорожного основания.



Испытание по Проктору - ASTM D698

В оригинальном испытании по Проктору используется форма диаметром 4 дюйма (ок. 10 см), в которую помещается 1/30 куб. фута (934,4 куб. см) грунта, и три слоя грунта уплотняются 25 ударами молота массой 5,5 фунта (2,5 кг), падающего с высоты 12 дюймов (30,5 см), создавая усилие уплотнения, равное 12,400 футо-фунт/куб. фут (60,5 кГм/куб. м).

Модифицированное испытание по Проктору - ASTM D1557

В модифицированном испытании по Проктору используется та же форма, но молот массой 10 фунтов (4,5 кг) падает 25 раз с высоты 18 дюймов (45,7 см) на пять слоев, создавая усилие уплотнения примерно 56,000 футо-фунт/куб. фут (273,4 кГм/куб. м).

Калифорнийское число

Испытание на калифорнийское число (CBR) - это простое испытание на прочность, в котором несущая способность материала сравнивается с несущей способностью эталонного хорошо отсортированного щебня (таким образом, щебень высокого качества имеет калифорнийское число 100%). В основном, но не исключительно, это испытание проводится для оценки связных грунтов, имеющих максимальный размер частиц менее 19 мм (0,75 дюйма). Это испытание было разработано Калифорнийским отделом шоссе дорог в 1930-е годы, и было впоследствии принято многими штатами, графствами, федеральными агентствами США и получило международное признание. В результате большинство агентств и коммерческих геотехнических лабораторий в США имеют оборудование для проведения испытаний на калифорнийское число (CBR).

Основное испытание CBR состоит в приложении нагрузки к небольшому поршню, вдавливаемому в грунт со скоростью 1,3 мм (0,05 дюйма) в минуту и определении общей нагрузки, необходимой для заглубления в пределах от 0,64 мм (0,025 дюйма) до 7,62 мм (0,300 дюйма).

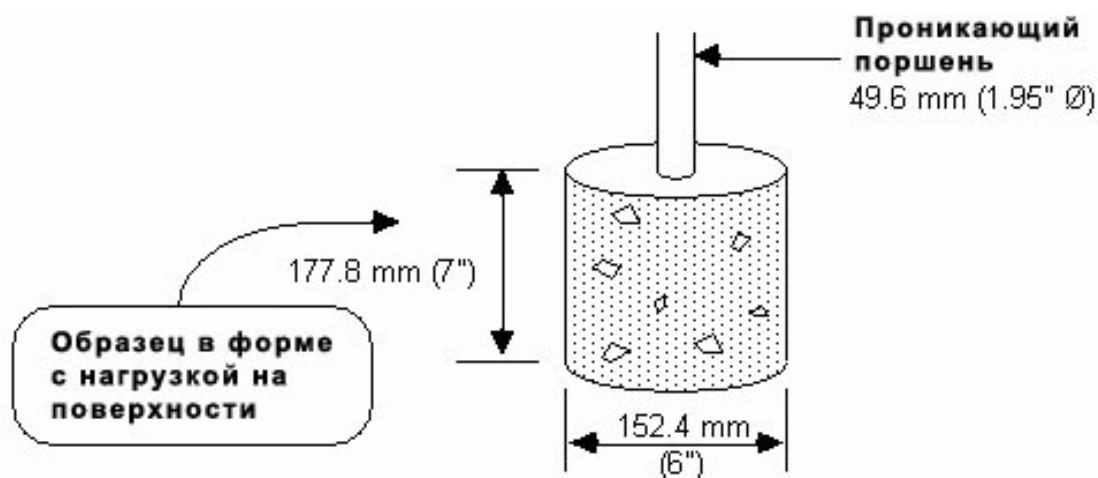
В таблице даны стандартные данные по системе AASHTO

AASHTO (Американская ассоциация дорожных и транспортных должностных лиц штатов) T 193: Калифорнийское число, ASTM D 1883: Показатель плотности грунта Лаборатории уплотненных грунтов

Типичные значения

Тип грунта	Тип грунта по USCS (унифицированная система классификации почв)	Диапазон CBR
Крупнозернистые грунты	GW	40 - 80
	GP	30 - 60
	GM	20 - 60
	GC	20 - 40

	SW	20 - 40
	SP	10 - 40
	SM	10 - 40
	SC	5 - 20
Мелкозернистые грунты	ML	15 и менее
	CL LL < 50%	15 и менее
	OL	5 и менее
	MH	10 и менее
	CH LL > 50%	15 и менее
	OH	5 и менее



***ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО** Чем выше результат испытания CBR, тем прочнее земляное полотно Это означает, что для строительства дороги нужны более тонкий подстилающий слой и менее толстое покрытие, а следовательно - можно получить большую экономию средств. И наоборот: если испытание CBR указывает на слабое земляное полотно, то для строительства надежной дороги потребуются более толстый подстилающий слой и слой покрытия.*

Предел прочности при неограниченном сжатии (UCS)

Основной задачей этого испытания является определение предела прочности при неограниченном сжатии, который затем используется при расчете предел прочности при сдвиге рыхлых недренированных грунтов при неограниченных условиях. Согласно стандарту *ASTM D 2166*, предел прочности при неограниченном сжатии определяется как напряжение сжатия, при котором неограниченный цилиндрический образец грунта разрушается при простом испытании на сжатие. Кроме того, в данном методе испытания предел прочности при неограниченном сжатии понимается как максимальная нагрузка, прикладываемая к единице площади, или нагрузка на единицу площади, необходимая для создания 15% осевого натяжения (натяжения, возникающего параллельно прикладываемой нагрузке) в зависимости от того, что произойдет первым в ходе испытания.

Испытание на предел прочности при неограниченном сжатии обычно проводится на цельных образцах. Это испытание довольно простое, и его можно провести быстро. Оно очень хорошо определяет меру прочности при сдвиге связных грунтов. Для грунтов с определенной степенью гранулярности применение испытания ограничено, но оно является хорошим дополнением к более сложным испытаниям прочности.

ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО: Зная сопротивление при сдвиге грунта земляного полотна, мы знаем способность грунта противостоять давлению, не поддаваясь воздействию параллельных сил внутри него, не поддаваясь воздействию параллельных сил внутри него. При достижении предела сопротивления материала при сдвиге часто происходит необратимое повреждение, в том числе изменение объема материала.



Коэффициент сопротивления

Error! Bookmark not defined.Error! Bookmark not defined.



Величина сопротивления материала R определяется в испытании на жесткость. В ходе испытания сопротивление материала деформации определяется как функция отношения переданного поперечного давления к приложенному вертикальному давлению. Испытуемым материалам присваивается значение R .

Error! Bookmark not defined.

Цилиндрический образец помещается в стабилومتر Хвеема и подвергается сжатию. Стабилометром измеряется давление, возникающее в горизонтальном направлении при сжатии образца. Значение R рассчитывается по отношению прилагаемого вертикального давления к создаваемому поперечному давлению. Это является мерой сопротивления материала пластической деформации.

ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО: Знать сопротивление грунта пластической деформации важно для определения его пригодности для использования под дорогами с покрытием и под поверхностью взлетно-посадочных полос. Если грунт сильно восприимчив к пластической деформации, то при достаточном напряжении велика вероятность его деформации, и того, что эта деформация будет развиваться даже без увеличения напряжения.

Примеры типичных значений R : Слой хорошо отсортированного щебня (плотная фракция): 80 и более
Сланцы средней твердости: 15-30

$$R = 100 - \left\{ \frac{100}{\left(\frac{2.5}{D} \right) \left[\left(\frac{P_v}{P_h} \right) - 1 \right] + 1} \right\}$$

R = Сопротивление

P_v = Приложенное вертикальное давление (160 psi)

P_h = Давление, передающееся по горизонтали

D = Объем вытесненной из стабилметра жидкости, необходимой для увеличения горизонтального давления с 5 до 100 psi

Значения, полученные с помощью стабилметра, подставляются в следующее уравнение для определения R :
Стандартные методы испытаний: AASHTO T 190 и ASTM D 2844: Значение сопротивления R и давление разрезания уплотненного грунта

ДАЛЬНЕЙШИЕ ИСПЫТАНИЯ: ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ И ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Тест по методу мерного цилиндра

По своей сути тест по методу мерного цилиндра близок к ситовому анализу. Это очень простой и достаточно точный способ определения распределения частиц в грунте объекта. Для теста нужны прозрачный стеклянный цилиндр и местный грунт. Можно использовать небольшое количество умягчителя воды, но это не обязательно.

Для теста в цилиндр емкостью 1 литр засыпают 1-2 чашки грунта и доливают водой до верха. Смесь интенсивно встряхивают в течение нескольких минут до исчезновения комков. Цилиндр закрывают крышкой и лают отстояться как минимум 24 часа на плоской, спокойной, ровной поверхности.

Смесь воды и грунта быстро расслаивается, причем более тяжелые частицы (песок и гравий) оседают на дно. Сланцевые породы занимают середину, а глины остаются сверху. Чтобы все частицы глины осели, может потребоваться несколько дней, но процесс можно ускорить, добавив 2 чайных ложки соли. Зная толщину каждого слоя, несложно рассчитать процентное содержание каждого элемента:

Зная процентное содержание песка,

Полевое CBR (испытание CBR на объекте)



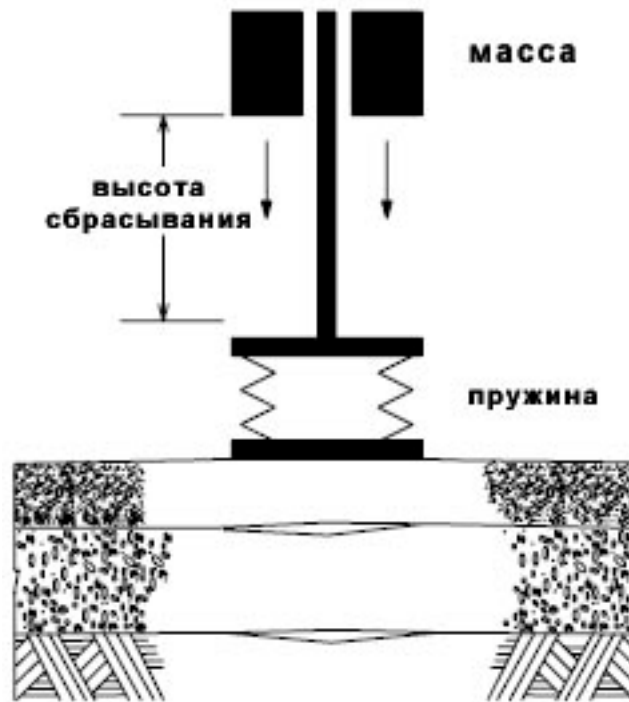
Часто бывает нужно определить прочность грунтов земляного полотна на месте, при их естественной плотности и содержании влаги. Испытание CBR на месте проводится для пластичных компонентов дорожной конструкции - как на поверхности, так и в земляном полотне.

Разумеется, существуют пределы применимости данного испытания - если оно проводится без учета содержания влаги, должны соблюдаться три следующие условия: (1) грунт должен иметь насыщение минимум 80%;

(2) грунт должен быть крупнозернистый и несвязанный;

(3) грунт не видоизменялся строительными работами в течение предыдущих двух лет. Кроме того, все результаты становятся недействительными, если по грунту проходит грейдер или каток.

Дефлектометр с падающим грузом



Дефлектометр с падающим грузом - это устройство, с помощью которого к поверхности дорожного покрытия можно прикладывать динамические (изменяющиеся) нагрузки, которые по величине и длительности аналогичны одиночной тяжелой колесной нагрузке. Дефлектометром с падающим грузом также измеряется вертикальная деформация или прогиб дорожного покрытия. Для этого применяются сейсмопреобразователи, известные также как сейсмометры.

ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО: Эти результаты "in-situ" (полученные на месте) позволяют инженерам определять несущую способность дорожного покрытия, ожидаемый срок службы, а также рассчитывать потребность в изнашиваемых покрытиях на данный срок службы.

Динамический конусный пенетрометр

С помощью динамического конусного пенетрометра производятся натурные измерения прочности мелкозернистых и гранулярных материалов земляного полотна, гранулярных материалов основания и подстилающего слоя, а также слабо консолидированные материалы.



Испытательная установка состоит из стального стержня высотой 2 метра, груза и конуса.

Испытание производится путем многократного забивания металлического конуса в грунт с помощью груза 17,6 фунтов (8 кг) с высоты 2,26 фута (575 мм). После каждого удара измеряется заглубление конуса и строится график.

ПОЧЕМУ ЭТО ВАЖНО: Это очень простой и очень дешевый метод испытаний, результаты которого могут быть увязаны с калифорнийским числом, натурным измерением плотности, модулем упругости и несущей способностью.

Испытательная прокатка

Испытательная прокатка - простой метод испытания качества уплотнения больших участков грунта.

Для испытания часто используется самосвал или поливальная машина, которая проезжает по участку уплотненного грунта. Мягкие участки и неоднородности оцениваются подрядчиком или прорабом по степени продавливания или колеяности испытываемого участка.

Испытание нагружением плиты

Испытание нагружением плиты проводится для определения уплотненности и несущей способности грунта. Для испытания стальную плиту стандартного диаметра (диаметр является функцией размера зерен грунта) укладывают вровень с поверхностью грунта. Затем на нее действуют непрерывно повышающимся давлением, создаваемым гидравлическим поршнем, и измеряют усадку грунта после каждого увеличения нагрузки. Несущая способность рассчитывается по графику зависимости прогиба грунта от давления в килограммах на квадратный сантиметр.

ВВЕДЕНИЕ В ОСНОВЫ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ВВЕДЕНИЕ В ОСНОВЫ ДОРОЖНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА

Мы рассмотрим следующие вопросы:

1. Конструкция дороги
2. Материалы
3. Послойная структура дороги
4. Типы дорог
5. Стадии строительства

Конструкция дороги

Стороны, участвующие в строительстве новых и существующих дорог, должны учитывать несколько ряд факторов, в том числе и перечисленные ниже:

1. *Транспортные нагрузки (нагрузка от колес и частота использования)*
2. *Имеющиеся строительные материалы*
3. *Топография и условия подстилающего грунта (мягкий или твердый)*
4. *Влажность (дожди, снег, грунтовые воды)*
5. *Долговременная эксплуатация и потребность в обслуживании*

В условиях мягких подстилающих грунтов требуется более толстый слой - в ряде случаев до 24 дюймов (60 см). Там, где подстилающий слой твердый, может оказаться достаточной минимальная толщина 6 дюймов (15 см). Для дорог с движением грузового транспорта обычно требуется большая толщина, чтобы выдержать нагрузки от колес от 20 000 до 30 000 фунтов (9 000 - 13 000 кг). Для разработки соответствующих технических условий могут потребоваться анализ состояния подстилающего слоя и испытания на несущую способность.

На долговечность дороги также влияют транспортные нагрузки и скорости движения. Во многих ситуациях, например, на участках скоростного движения, требуется твердое износостойчивое покрытие. Для предупреждения износа может понадобиться защитное покрытие - асфальт, бетон или асфальто-гравийная смесь.

Состояние влажности на поверхности и под ней также учитывается в уравнении хорошего дорожного проекта. Важно, чтобы дорога имела хороший сток, и чтобы подстилающий слой и дорожное основание поддерживались как можно более сухими во избежание разрушения структуры. Важную роль играют сточные каналы по сторонам и выпуклый профиль дорожного полотна, способствующие стоку воды с поверхности дороги. Там, где грунтовые воды подходят близко к поверхности, может потребоваться сооружение булыжного подстилающего слоя или другая инженерно-техническая подготовка. Эти условия оценивает инженер.

Дорожные строительные материалы также влияют на конструкцию дороги. Тип и свойства материалов сильно влияют на характеристики дороги. Хорошо сортированный гравий и грунт дают наилучшие результаты. Связующая мелкая фракция улучшает качество дороги (уменьшает колейность и образование выбоин).

Существуют и другие факторы, которые необходимо учитывать. По условиям конкретных строительных площадок необходимо консультироваться с Инженерами-строителями, специализирующимися на строительстве дорог.

Дорожное покрытие представляет собой комбинацию материалов. Эти материалы, их свойства и взаимодействие определяют свойства дорожного покрытия

Строительный скелетный материал или просто скелетный материал является широкой категорией материала в виде частиц, используемого в строительстве. Он состоит из песка, гравия, щебня, шлака, переработанного бетона и геосинтетических структур. Скелетные материалы также используются в бетоне и асфальтобетоне для придания материалу прочности. Скелетные материалы часто используются в качестве основы под фундаменты, дороги и железные дороги.

Этих материалы основания могут быть объединены в три группы, получаемые тремя способами: разработка залежей минеральных скелетных структур (песок, гравий и камень), использование отходов производства чугуна и стали (шлак) и переработка асфальта и бетона, который и сам, в основном, производится из минеральных скелетных материалов.

Асфальтобетон, обычно известный как просто асфальт (или АС в Северной Америке), является композитным материалом, который широко используется для сооружения дорожных покрытий, шоссе и стоянок автотранспорта. Он состоит из асфальтового связующего и минерального скелетного материала, которые перемешиваются между собой, и смесь укладывается уплотняемыми слоями.

Горячая асфальто-бетонная смесь (сокращенное американское название НМАС или НМА) производится путем нагрева асфальтового связующего для уменьшения вязкости (густоты) и просушивания скелетного материала для удаления влаги; затем они смешиваются. Обычно смешивание чистого асфальта со скелетным материалом производится при температуре примерно 300°F (150°C), асфальта с полимерными модификаторами - при 330°F (166°C), а асфальта с цементом - при 200°F (95°C). Укладка и уплотнение должны производиться пока асфальт достаточно горячий. Во многих странах асфальтовые покрытия наносятся только в летние месяцы, поскольку зимой уплотненное основание слишком сильно охлаждает асфальт до того, как он уплотнится до оптимального содержания воздуха. Поскольку горячая асфальтобетонная смесь - достаточно энергоемкий материал, эту форму асфальтобетона обычно используют для покрытий на дорогах с интенсивным движением (главные шоссе, гоночные трассы и взлетно-посадочные полосы).

Теплая асфальто-бетонная смесь (американское сокращение WMA или WAM) получается добавлением в смесь цеолитов, парафинов или асфальтовых эмульсий. Это позволяет значительно понизить температуру смешивания и укладки, что приводит к снижению потребления ископаемого топлива, а значит - уменьшению выбросов углекислого газа, аэрозолей и паров. При этом не только улучшаются рабочие условия, более низкая температура укладки обеспечивает более быструю сдачу покрытия в эксплуатацию, что важно для строительных объектов с жесткими графиками.

Холодная асфальто-бетонная смесь получается при эмульгировании асфальта с мыльной (в значительной степени) водой перед смешиванием со скелетным материалом. В состоянии эмульсии асфальт менее вязкий, и смесь легко укладывать и уплотнять. После испарения воды эмульсия распадается и холодная смесь, в идеале, принимает свойства охлажденной горячей асфальто-бетонной смеси. Холодная смесь используется как материал для заделки дефектов и на служебных проездах с менее интенсивным движением

Разбавленный асфальтобетон производится путем растворения связующего в керосине или другой более легкой фракции нефти перед смешиванием со скелетным материалом. В растворенном состоянии асфальт менее вязкий, и смесь легко укладывать и уплотнять. После укладки смеси легкая фракция испаряется

Портланд-цемент - наиболее широко распространенный тип цемента, поскольку он является основным компонентом бетона, строительного раствора, штукатурки и большинства неспециализированных заливок. Он представляет собой мелкий порошок, получаемый путем размолла портланд-цементного клинкера (более 90%), ограниченного количества сульфата кальция, регулирующего время схватывания, и до 5% вспомогательных компонентов, допустимых в соответствии с различными стандартами.

Согласно определению Европейского стандарта EN197.1, «Портланд-цементный клинкер представляет собой затвердевающий в воде материал, который должен состоять как минимум на две трети по массе из силикатов кальция ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ и $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), а в остальном - из фаз клинкера, содержащих алюминий и железа, и прочих компонентов. Пропорция CaO к SiO_2 должна быть не менее 2,0 к 1. Содержание магнезии (MgO) не должно превышать 5% по массе». (Последние два требования были установлены еще в стандарте Германии, выпущенном в 1909 году.)

Портланд-цементный клинкер производится прокаливанием в обжиговой печи однородной смеси сырьевых материалов до температуры спекания (температуры, при которой порошкообразные материалы начинают слипаться) примерно 1450°C . Оксиды алюминия и железа присутствуют в качестве флюса и мало влияют на прочность. Основным сырьем для производства клинкера обычно является известняк (CaCO_3), смешанный со вторым материалом, содержащим глину как источник алюмосиликатов. Состав вторичных сырьевых материалов (входящих в сырьевую смесь помимо известняка) зависит от степени чистоты известняка. Среди используемых вторичных сырьевых материалов находятся глина, сланцы, песок, железная руда, бокситы, зольная пыль и шлак. Если в печи для обжига клинкера сжигается уголь, то угольная зола служит вторичным сырьевым материалом.

Послойная структура дороги

Верхний слой дорожного покрытия находится в контакте с транспортной нагрузкой и обычно состоит из материалов самого высокого качества. Он обеспечивает такие характеристики как трение, гладкость, контроль шума, сопротивление образованию колеи и ухабов, а также дренаж. Кроме того, этот слой препятствует проникновению излишней влаги в лежащие ниже основание, подстилающий слой и земляное полотно. Этот верхний структурный слой иногда подразделяют на два слоя:

- *Изнашиваемое покрытие.* Этот слой находится в непосредственном контакте с транспортными нагрузками. Он рассчитан на принятие основного удара транспортного потока и может сниматься и заменяться по мере износа.
- *Промежуточное/связующее покрытие.* Этот слой обеспечивает объем структуры горячей асфальто-бетонной смеси. Его основной задачей является распределение нагрузки.

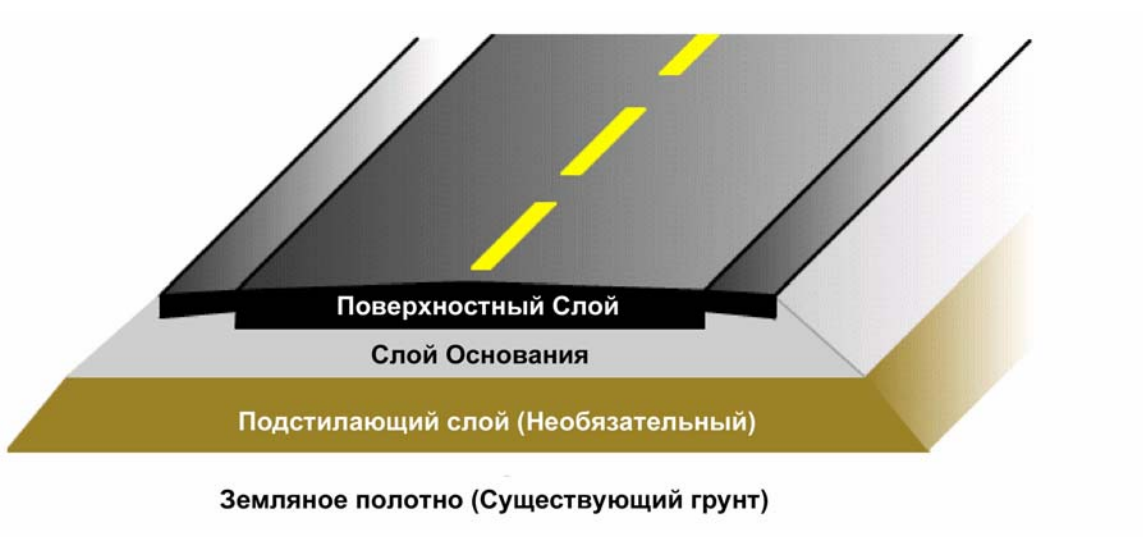
Слой основания расположен непосредственно под верхним слоем дорожного покрытия. Он обеспечивает дальнейшее распределение нагрузки и вносит вклад в дренирование и морозоустойчивость. Слой основания обычно сооружается из долговечных скелетных материалов, которые не разрушаются под действием влаги и мороза. Скелетные материалы могут быть стабилизированными и нестабилизированными.

Подстилающий слой расположен между слоем основания и земляным полотном. Он, в основном, действует как структурная опора, но может также

1. минимизировать проникновение мелкой фракции из земляного полотна в структуру дорожного покрытия;
2. улучшать дренирование;
3. минимизировать повреждения за счет морозов;
4. обеспечивать рабочую платформу для строительства.

Обычно подстилающий слой состоит из материалов более низкого качества, чем слой основания, но более высокого, чем грунты земляного полотна. Подстилающий слой не всегда нужен и не всегда используется.

Эластичное покрытие:



Жесткое покрытие:



Типы дорог - эластичные и жесткие

Все дорожные покрытия с твердой поверхностью могут быть разбиты на две основные группы: эластичные и жесткие. Поверхность эластичных покрытий формируется битуминозными (или асфальтовыми) материалами. Эти материалы могут быть в форме пропиток поверхности дорожного покрытия (например, битуминозная пропитка поверхности (BST), обычно применяемая на дорогах с невысокими транспортными нагрузками) или в виде поверхностного слоя горячей асфальто-бетонной смеси (обычно применяемой на дорогах с более высокими транспортными нагрузками, например, сети междуштатных дорог). Эти типы покрытий называются «эластичными», поскольку вся его структура «прогибается» под действием транспортных нагрузок. Гибкое дорожное покрытие обычно состоит из нескольких слоев материалов, которые могут принять на себя это «изгибание». Жесткие дорожные покрытия имеют верхний слой из бетона на портланд-цементе (РСС). Такие покрытия значительно тверже, чем эластичные, благодаря высокому модулю упругости материала РСС. Более того, в состав этих покрытий может входить стальная арматура, которая обычно используется для уменьшения числа стыков или их исключения.

В этих типах дорожного покрытия нагрузка по земляному полотну распределяется по-разному. Жесткое покрытие, благодаря высокому модулю упругости (твердости) имеет тенденцию к распределению нагрузки на относительно большую площадь земляного полотна (см. Рис. 2.1). Сама бетонная плита обеспечивает основную конструктивную несущую способность жесткого покрытия. Эластичные покрытия, напротив, распределяют нагрузки на меньшую площадь. В эластичном покрытии все зависит от комбинации слоев, обеспечивающих передачу нагрузки на земляное полотно (см. Рис. 2.1).



Рисунок 2.1 Жесткое и Эластичное покрытие - Распределение нагрузки

Нагрузка от колес распределяется по мере передачи вниз через дорожное основание. По мере распространения усилия в глубину по слоям дороги, угол направления силы увеличивается в от вертикали в сторону горизонтали. Задачей расчета дороги является определение достаточной толщины дорожного основания для приема ожидаемых нагрузок от колес.

Материалы, обработанные ECOroads, обладают повышенной прочностью при сжатии, что обеспечивает устойчивость к деформациям и излишней изгибаемости под действием нагрузок от колес. Результатом такой стабилизации является увеличение общей прочности дорожного основания. А это также означает уменьшение объема работ по обслуживанию.

Может показаться странным, почему используется то или иное дорожное покрытие. Дорожно-строительные компании обычно выбирают тип покрытия, руководствуясь политическими или экономическими соображениями (или теми и другими). Эластичные покрытия обычно требуют определенного обслуживания или восстановления каждые 10 - 15 лет. Жесткие покрытия часто служат от 20 до 40 лет практически без обслуживания и восстановления. Поэтому не удивительно, что жесткие покрытия часто используются на городских трассах с интенсивным движением. Естественно, есть и отрицательные моменты. Например, при необходимости серьезного восстановления эластичных покрытий все варианты обычно менее затратны и требуют меньше времени, чем в случае жестких покрытий.

СТАДИЯ I: Планирование

Используя информацию о состоянии дороги и мостов, интенсивности движения, зная статистику аварий, планировщики, инженеры, специалисты по охране окружающей среды, ландшафтные архитекторы, почвоведы и многие другие специалисты определяют тенденции и принимают решение, что и как строить. Рассматриваются также следующие вопросы:

- Ожидаемые проблемы, связанные с охраной окружающей среды
- Возможное влияние проекта на сети инженерного обеспечения
- Вопросы финансирования проекта
- Как сделать проект общественным достоянием?

СТАДИЯ II: Проектирование

Вторым шагом является топографическая съемка местности. За последнее время развитие глобальных систем определения местоположения, лазерной топографической съемки и других технологий ускорило процесс и повысило его точность. На проектирование оказывают влияние многие факторы, в том числе:

- местоположение
- рельеф местности и свойства грунтов
- возможность дренирования
- интенсивность движения
- соотношение легкового, грузового и автобусного транспорта
- перспективы развития региона в будущем
- влияние на окружающую среду и людей, проживающих поблизости.

СТАДИЯ III: Земляные работы

После определения подрядчика начинаются земляные работы. Земляные работы - один из наиболее важных элементов дорожного строительства, поскольку на этом этапе закладывается стабильная основа. Дорога с некачественной основой обречена на преждевременное разрушение. Поэтому слои дорожного основания так же важны, как ее отделочная поверхность.

- Сначала сооружается полотно путем выемки и подсыпки грунта.
- Затем просеянный грунт разравнивается грейдером или бульдозером. Разравниванием неровностей и заполнением впадин создается поверхность, которая будет нести на себе дорогу десятилетиями.
- Просеянный грунт опрыскивается водой и уплотняется до максимальной плотности.
- На этом этапе устанавливаются системы дренажа и водоотвода. Центральная часть дороги должна быть выше краев, чтобы вода могла стекать в ливневую канализацию. Дренажная система является критическим элементом, поскольку недостаточный дренаж значительно сокращает срок службы новой дороги
- Все эти работы должны пройти строгий контроль, прежде чем продолжить строительство.
- Для завершения земляных работ на дорожное основание насыпаются слои гравия. Каждый слой смачивается и уплотняется. Слои насыпаются и уплотняются до тех пор, пока не будет достигнута толщина, заложенная в проекте.

•

СТАДИЯ IV: Укладка дорожного покрытия

Наконец, дорожное основание готово к укладке покрытия. Возможны следующие варианты укладки дорожного покрытия:

- В **асфальте** используется битум, нефтепродукт, который связывает песок и щебень. Эта смесь нагревается примерно до 300 градусов. На площадке горячая смесь распределяется по дорожному основанию и уплотняется.
- В **бетоне** цемент и вода используются как связующий элемент между песком и щебнем. Бетон разливается в стальную опалубку, называемую формой. Для предупреждения образования трещин, вызываемых расширением и сжатием, между бетонными плитами прорезаются стыковые канавки. На каждом стыке плиты соединяются с помощью стальных стержней и проволочных коробов. Плиты могут смещаться в стороны вдоль стыковой арматуры, но не могут двигаться вверх и вниз.