



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

“Росдортехнология”

«Стабилизация, модификация грунтов и регенерация слоёв оснований
дорожных одежд органическими, неорганическими и комплексными вяжущими»

Воробьева Ольга Геннадьевна

Санкт-Петербург, 2022 г.



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Минтранс России



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

СТАБИЛИЗАЦИЯ И УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ.

Документы: ПНСТ 322, ПНСТ 321, окончили свое действие в июле 2022 года.

Взамен выходят: ГОСТ Р

Действующие документы: ГОСТ 23558, ГОСТ 30491, ОДМ 218.4.1.001-2020

Вспомогательные документы в части рекомендаций:

1. «Пособие по строительству покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов из грунтов, укрепленных вяжущими материалами, к СНиП 3.06.03-85 и СНиП 3.06.06-88»;
2. «Руководство по подбору и приготовлению нерудных материалов и грунтов, обработанных неорганическими вяжущими для дорожного строительства».

Грунт - любая горная порода, почва, осадок и техногенные минеральные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и часть геологической среды, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью.

Глинистый грунт - связный грунт, обладающий свойством пластичности за счет содержания минеральных частиц глинистой и пылеватой фракций.

Крупнообломочный грунт - несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером более 2 мм составляет более 50 %.

Ил - нелигитированный морской или пресноводный минеральный или органо-минеральный донный осадок текучей консистенции.

Торф (торфяной грунт) - органический грунт болотного, озерного или аллювиально-болотного генезиса, содержащий в своём составе по массе 50 % и более органического вещества, представленного преимущественно растительными остатками.

Антропогенный грунт - грунт, созданный человеком, образованный в результате естественно-исторического освоения территорий (культурный слой), твердые бытовые и промышленные отходы, искусственные материалы, являющиеся (ставшие) компонентами геологической среды.

(Техногенный грунт) - грунт измененный, перемещенный или образованный (искусственно созданный) в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека, в том числе отходы бытовые и производственные.

ВАЖНО!!!

При стабилизации и укреплении грунта необходимо точно классифицировать материал!

Грунт - горная порода, почва и техногенное образование, представляющие собой многокомпонентные системы, изменяющиеся во времени, используемые как основание, среда или материал при строительстве.

Стабилизированный грунт - грунт, обработанный стабилизаторами путем смешивания механизированным способом на дороге или в смесительных установках с целью улучшения их физико-механических свойств.

Укрепленный грунт - грунт, обработанный органическими, неорганическими или комплексными вяжущими путем смешивания грунта механизированным способом на дороге или в смесительных установках с целью улучшения их водно-физических свойств.

Стабилизаторы - многокомпонентные системы, включающие в своем составе (в основном) поверхностно-активные вещества как ионогенного, так и неионогенного типов и обладающие свойствами гидрофобизаторов, суперпластификаторов, полимеров, применяемые в строительстве для обработки грунтов с целью изменения их водно-физических свойств.

Водно-физические свойства – свойства грунта, определяющие его водопроницаемость, пучинистость, набухание, высоту капиллярного поднятия, максимальную плотность при оптимальной влажности.

Укрепление грунта – совокупность мероприятий (внесение вяжущих и других веществ, последовательное выполнение всех предусмотренных технологических операций), обеспечивающих изменение структуры и свойств грунтов с приданием им требуемой прочности и морозостойкости.

Укреплению подвергаются нижние слои основания дорожной одежды для ускорения уплотнения грунта и последующей укладки вышележащих слоев.

Целью укрепления грунта является ускорение строительства.

Укрепление грунта является эффективным и экономичным методом, позволяющим ускорить процесс строительства в условиях умеренных требований технических норм. Использование различных реагентов позволяет немедленно устранить неблагоприятные условия и приступить к строительным работам, не нарушая графика.

При строительстве автомобильной дороги, в случае неблагоприятных строительных условий, в частности наличия проблемных, неудовлетворительного качества, пластичных грунтов у подрядчика есть четыре варианта действий:

- ☐ **Найти** новое место под строительство.
- ☐ **Изменить** конструкцию сооружения таким образом, чтобы его можно было возвести на грунте неудовлетворительного качества.
- ☐ **Удалить** грунт неудовлетворительного качества **и заменить** его грунтом требуемого качества.
- ☐ **Улучшить** технологические свойства грунта на рабочем объекте.

Стабилизация и укрепление грунта — это повышение прочности основания дорожной одежды или нижнего слоя основания дорожного покрытия для повышения их несущей способности и/или для снижения вероятности усадки/вспучивания.

Основные методы стабилизации и укрепления:

Механическая стабилизация

Химическая стабилизация
или введение добавок

Механическая стабилизация грунтов осуществляется путем уплотнения или путем ввода в грунт волокнистых или других не поддающихся биоразложению средств армирования. При таком подходе не требуется химическое изменение грунта.

Методы механической стабилизации:

- ☐ Уплотнение.
- ☐ Армирование грунта: геотекстиль и проектируемая пластиковая сетка для фиксации грунта и борьбы с эрозией, увлажнением и проницаемостью грунта.
- ☐ Введение фракционированных минеральных материалов, которые сообщают грунту требуемые свойства такие, как повышенная прочность или пониженная пластичность.
- ☐ Механическая рекультивация – физическое удаление загрязненного грунта и его передислокация на предприятие по захоронению опасных отходов.

Стабилизация и укрепление грунтов позволяет распределять более высокую нагрузку с использованием меньшего количества материала в течение более длительного срока эксплуатации.

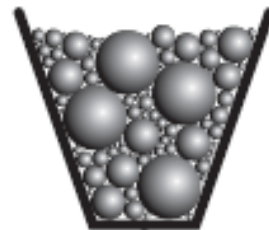
С инженерной точки зрения желательно, чтобы фундамент имел идеальную и одинаковую плотность. Так, цель стабилизации грунта состоит в получении массивного, устойчивого фундамента.

Чем большей плотностью обладает материал, тем меньше пустот он имеет. Пустоты (поры) являются врагом строящихся дорог, они становятся местами скопления воды и делают материал менее устойчивым, приводя к появлению возможности его сдвига при изменении давления, температуры и влажности.

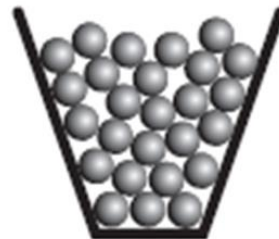
«Оптимально подобранный по фракциям состав»
состоит из частиц различных размеров в оптимальном диапазоне крупности

Материал с одноразмерным («не оптимально подобранным») гранулометрическим составом состоит из частиц приблизительно одинакового размера

При применении технологий стабилизации или модификации одним из сопутствующих процессов, происходящих в грунте, является процесс изменения гранулометрического состава за счет цементации и образования агломератов из частиц грунта



СХОРОШО ПОДОБРАННЫМ
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ
СОСТАВОМ



С ОДНОРАЗМЕРНЫМ ИЛИ
ПЛОХО ПОДОБРАННЫМ
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ
СОСТАВОМ

При выборе проекта и назначении последовательности выполнения операций необходимо, в первую очередь, определить основную цель проекта:

- требуется ли укрепление грунта для повышения технологичности строительства???
- или же необходима стабилизация грунта для повышения конструктивной прочности материала, требующего переработки.

Необходимо учитывать:

- ☐ Площадь обрабатываемого участка
- ☐ Требуемая глубина обработки
- ☐ Тип реагента, который оптимально подходит для данного типа грунта и данных условий
- ☐ Процентное содержание применяемых материалов, необходимое для соблюдения проектных требований

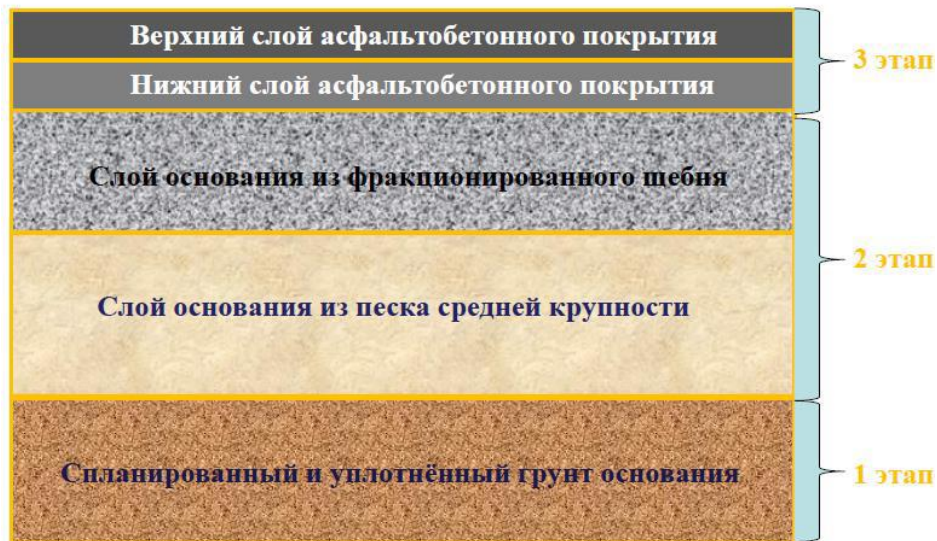
Стабилизация и укрепление:

- ☐ Позволяет слабому грунту выполнять функцию рабочей платформы для проекта
- ☐ Придает грунту водонепроницаемость
- ☐ Повышает прочность основания КДО
- ☐ Способствует снижению изменения объема грунта под действием температуры или влажности
- ☐ Повышает долговечность сооружения

- ☐ Снижает запыленность воздуха на рабочем объекте
- ☐ Улучшает материалы низкого качества
- ☐ Осушает влажные грунты
- ☐ Сберегает минеральные материалы
- ☐ Снижает стоимость работ
- ☐ Сберегает энергию

В соответствии с ОДМ 218.4.1.001-2020, возможна стабилизация тяжелых (жирных) глин с числом пластичности до 50.

Типовая конструкция дорожной одежды и этапы строительства



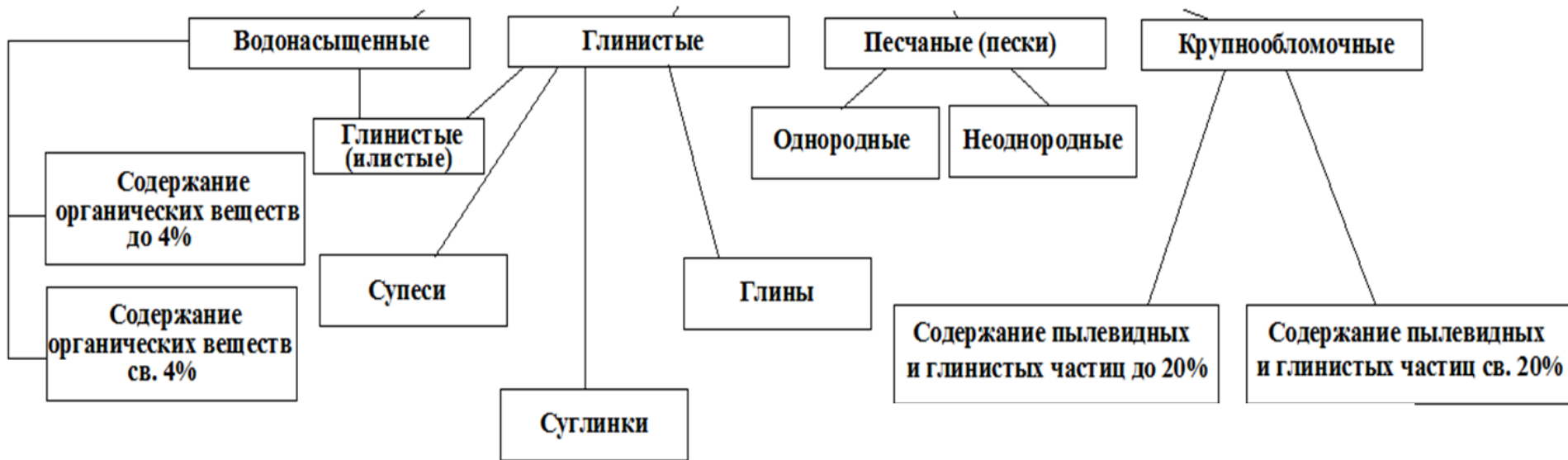
Конструкция дорожной одежды с использованием технологии стабилизации грунтов основания и этапы строительства





**СТАБИЛИЗАЦИЯ И УКРЕПЛЕНИЕ ДАЁТ ЭКОНОМИЮ ЗАТРАТ $\approx 30\%$ ПО СРАВНЕНИЮ С
ТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДОМ**





- Кислотность грунта
- Степень кислотности (pH)

Кислые

$\text{pH} < 6$

Щелочные

$\text{pH} > 7$

Близкие
к нейтральным,
нейтральные

$\text{pH} 6 - 7$

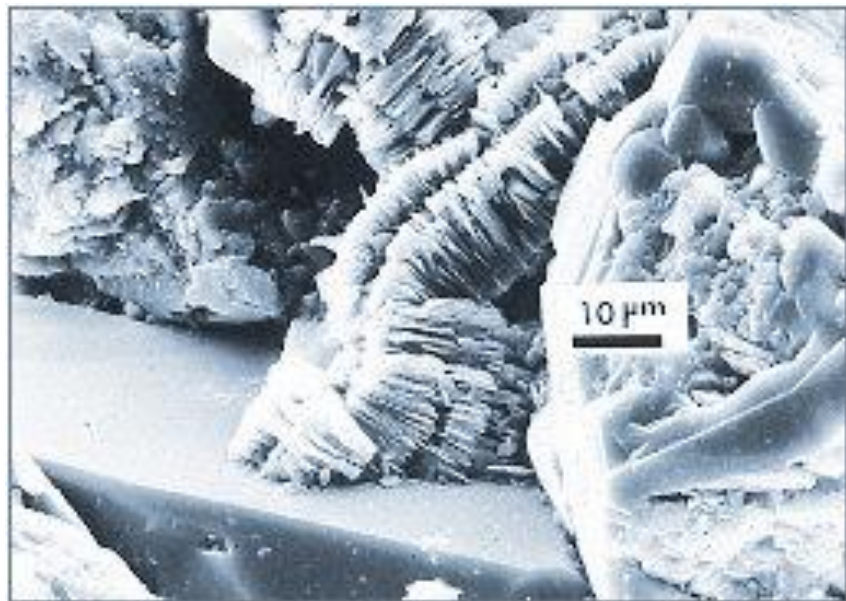
- ☐ Органические: на основе битума, смол, дегтей
- ☐ Минеральные: цемент, известь, золы уноса ТЭЦ, шлаки
- ☐ Химические: химические реагенты, ПАВ, а так же полимеры органического и неорганического происхождения
- ☐ Комплексные: смесь органических с минеральными или химическими

Известь следующим образом меняет физические свойства большинства глинистых грунтов:

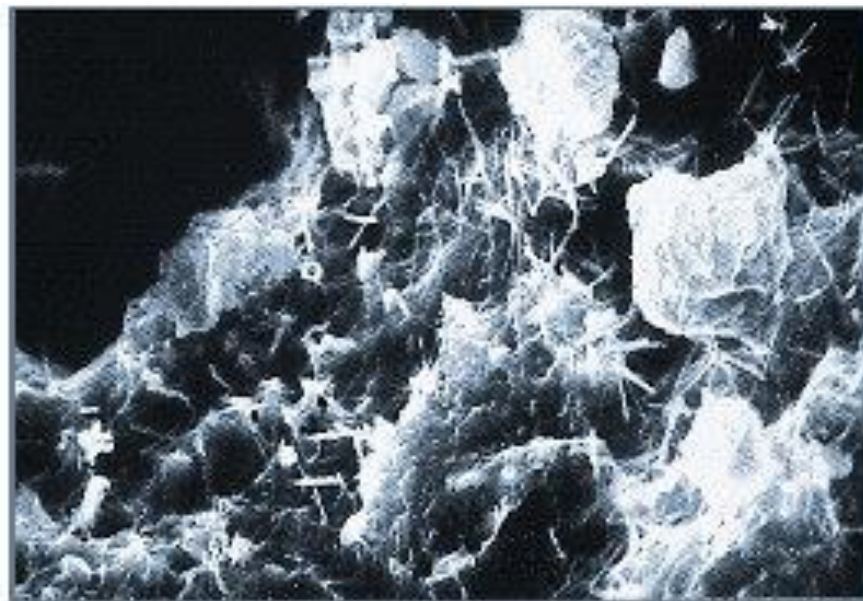
1. Значительно снижает показатель пластичности, часто преобразуя высокопластичный грунт в непластичный материал.
2. Образовывает агломераты, грунт становится комковатым, в нем значительно снижается содержание связующей массы (частицы размером менее 200 меш (0,075 мм)).
3. Ускоряет механическое дробление (разрушение) комков глины во время перемешивания в результате увеличения числа pH грунта и обмена катионов кальция.
4. При взаимодействии извести с грунтом происходит химическая реакция с выделением большого количества тепла, что способствует сушке влажных грунтов, а также ускоряет процесс уплотнения.
5. Известь снижает характеристику усадки глинистого грунта, и уменьшает его вспучивание.

6. В результате отверждения грунта после его обработки значительно увеличивается его предел прочности при неограниченном сжатии — в некоторых случаях до сорока раз.
7. Также значительно повышается несущая способность грунта, что подтверждается многочисленными испытаниями (сопротивление теплопередаче).
8. Прочность на растяжение или изгиб, прочность на растяжение при скалывании возрастает.
9. Стабилизированный известью слой образует водостойкий барьер и препятствует проникновению несвязной воды сверху и капиллярной влаги снизу.
10. Основание дорожной одежды, правильно стабилизированное известью, образует пуццолановую матрицу с необратимыми свойствами. Благодаря насыщению грунта кальцием кислотность (pH) под обработанной поверхностью остается высокой в течение многих лет, активируя так называемый эффект «самовыздоровления».

Рост кристаллов, вследствие реакции между ионами кальция от извести, и растворяемого кварца и глинозема грунта от глины в высоком pH и влажной окружающей среде



Нестабилизированный грунт

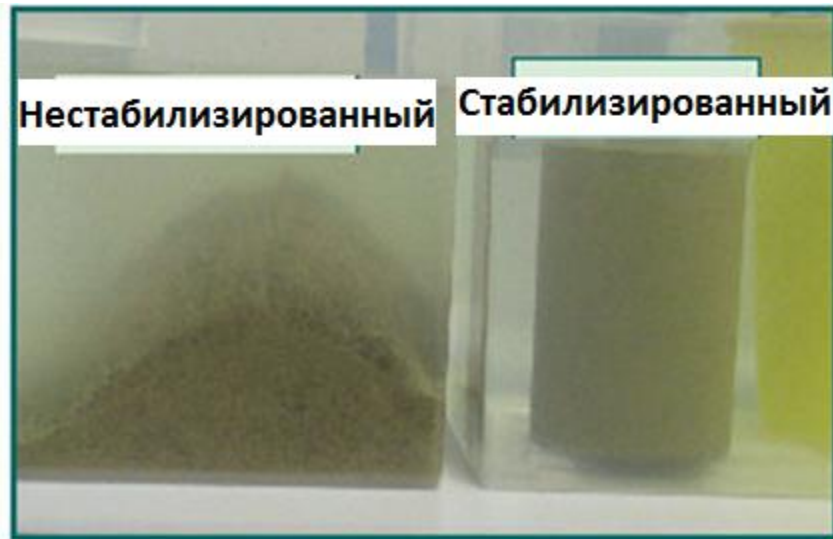


Стабилизированный грунт

Образцы после водонасыщения

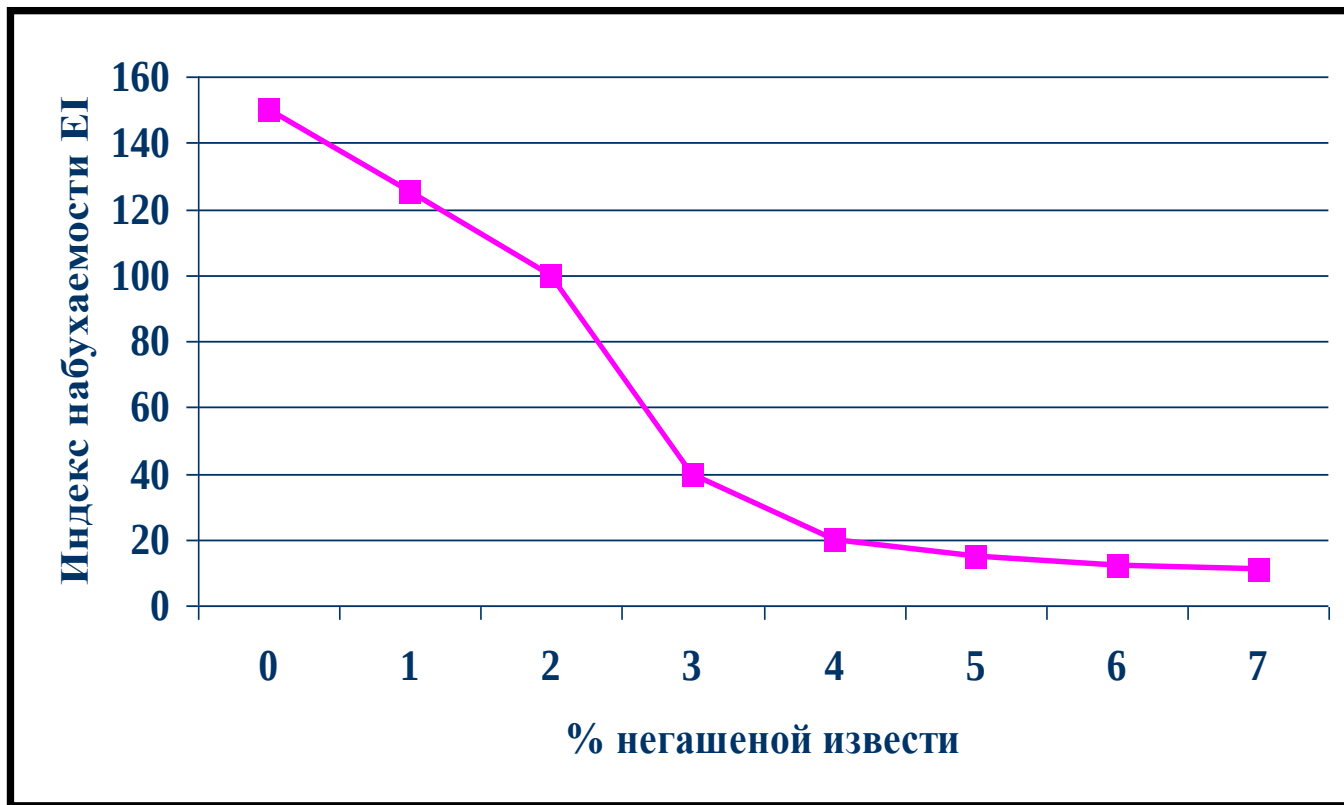


Образцы в водяной ванне

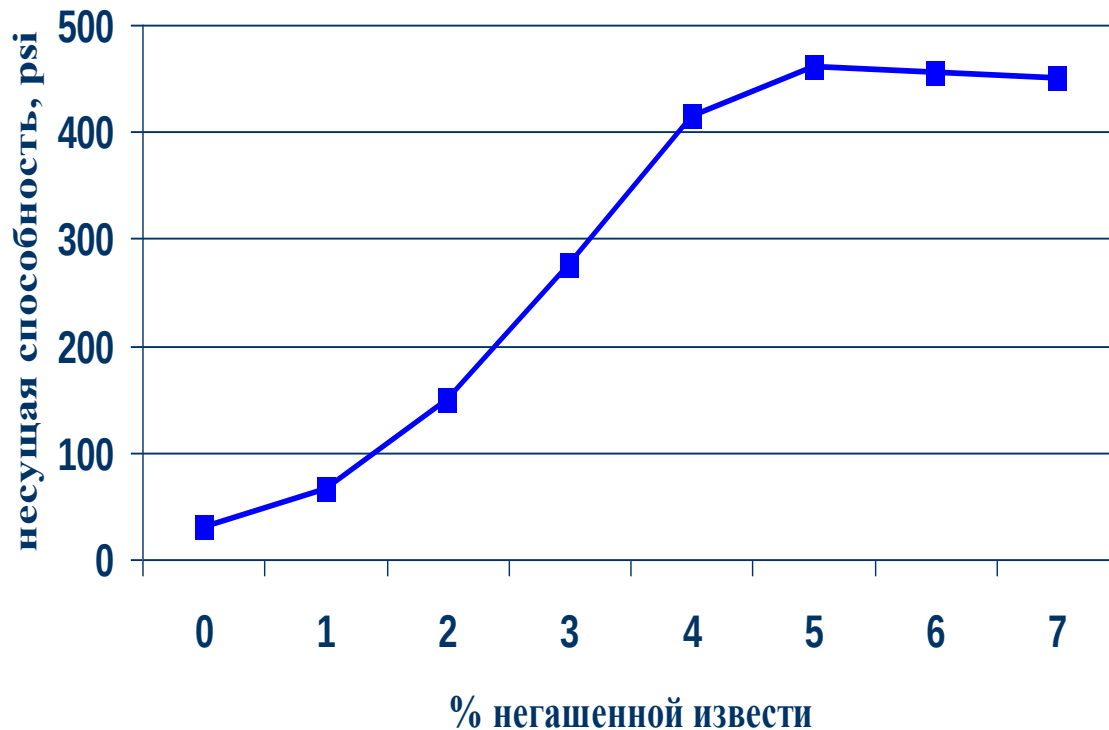


Образцы погружаются в воду на длительный период времени. Этот тест демонстрирует эффект после стабилизации известью на водонасыщение образцов и изменения формы.

Кривая индекса набухаемости в зависимости от % извести в грунте



Увеличение несущей способности при стабилизации известью через 7 дней





1. Цемент влияет на грунт путем изменения нежелательных свойств проблемного грунта или некондиционного материала таким образом, чтобы они были пригодны для использования в строительстве (возникновение пуццолановых связей так же как и у извести преобразовывает первоначальный тип грунта в иной, изменяя его свойства). Стабилизированный цементом грунт, сокращенно называемый ЦГС (Цементогрунт), представляет собой грунт или заполнитель, который был обработан относительно небольшим количеством портландцемента. С целью недопустимости получения бетона, количество цемента, по отношению к грунту должно быть малым, но достаточным, для улучшения инженерных качеств грунта.
2. Реакции цементации, поверхностные химические реакции, протекающие между частицами грунта или глинистой фракцией несвязного грунта, улучшают структуру грунта за счет феномена обмена катионов.
3. Модифицированные цементом грунты обладают меньшей пластичностью (связностью), более низкими характеристиками изменения объема, а также повышенной прочностью, чем немодифицированные.

Степень модификации грунта увеличивается с увеличением доли цемента.

Таким образом, для конкретного типа грунта можно подобрать определенное содержание цемента, которое обеспечит требуемый уровень стабилизации, выражающийся в пластичности, прочности и других факторах. Измененные цементом характеристики грунта, носят постоянный характер. Грунт уже не возвращается в свое исходное состояние, даже после многих циклов нагрузки или лет воздействия природных факторов.

В зависимости от преобладающего размера гранул грунты, стабилизированные цементom, подразделяются на две основные группы.

Стабилизированные цементom илисто-глинистые грунты (грунты, содержащие более 35 % ила и глины).

Общая цель стабилизации — улучшение грунтов, которые непригодны в качестве основания дорожной одежды или подстилающего грунта. Отдельные цели заключаются в снижении пластичности и характеристик изменения объема, а также в увеличении несущей способности или обеспечении рабочей платформы для последующего сооружения слоев дорожной одежды.

Стабилизированные цементом несвязные грунты (грунты, содержащие менее 35 % ила и глины)

В данном случае основной целью является изменение некондиционных материалов таким образом, чтобы они соответствовали требованиям, предъявляемым к основанию дорожной одежды или к подстилающему слою.

Стабилизированные цементом несвязные грунты формируют подстилающий рабочий слой обладающий высокой прочностной характеристикой и позволяют добиться более высокой прочности на поверхности основания дорожной одежды при меньшей толщине слоя, чем не обработанный грунт.

Гранулированные материалы, не вполне соответствующие техническим условиям, после модификации их цементом обладают улучшенной несущей способностью, сниженной пластичностью и уже соответствуют техническим требованиям.

Их можно использовать в качестве основания дорожной одежды или подстилающего слоя.

Гранулированные материалы, не вполне соответствующие техническим условиям, после модификации их цементом обладают улучшенной несущей способностью, сниженной пластичностью и уже соответствуют техническим требованиям.

При обработке грунтов цементом важно помнить, что процесс уплотнения должен быть завершен не позже, чем через два часа, после завершения процесса перемешивания. Это связано с быстрым вступлением цемента в реакцию.

Соотношение компонентов в смеси цемент + известь, может быть различным в диапазоне от 1:2 до 2:1 и подбирается подрядчиком самостоятельно. Смесь хорошо зарекомендовала себя при стабилизации глинистых и пылеватых материалов. Наиболее широко используется соотношение смеси цемента и извести 1:1. Оно позволяет получить прогнозируемые результаты для большого разнообразия по своим характеристикам грунтов.

Влияние комплексного вяжущего на грунты заключается в объединении всех свойств присущих каждому из вяжущих по отдельности. Применение комплексного вяжущего позволяет исключить процесс последовательного нанесения сначала извести, затем цемента. Раздельное применение означает дополнительные расходы на перемещение двух отдельных продуктов. Компоненты комплексного вяжущего как правило смешиваются на заводе.

Зольная пыль делится на пыль класса F и пыль класса C

Зола класса F – получается в результате сжигания антрацита и битуминозного угля. Содержание $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (цементный клинкер), 70% нижний предел. Оксид кальция около 15% и ниже.

Зола класса F - летучая зола, для активации требует добавление активатора - цемента

Зола класса C – получается в результате сжигания бурого угля и черного лигнита. Содержание $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (цементный клинкер), 50% нижний предел. Оксид кальция выше 15% до 40%.

Обладает свойствами самоцементации

В отличие от обработки известью, которая зависит от обмена катионами, стабилизация с помощью зольной пыли и шлаков происходит как путем механического, так и химического сцепления частиц грунта.

Наименование материала	Содержание ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$), %	Содержание CaO , %
Зола класса F	70	15 и ниже
Зола класса C	50	15 и выше (20-40)

Высококачественная зольная пыль класса C содержит все компоненты, необходимые для цементирующего действия, включая оксиды кальция. Зольная пыль в то же время содержит незначительное количество кальция в форме гидроокиси кальция, тогда как гашеная известь является, по сути, гидроокисью кальция. Таким образом, образование комков и агломерация жирных глинистых грунтов будет происходить за счет обмена катионов гидроокиси кальция.

Следовательно, в некоторых обстоятельствах можно воспользоваться способностью гидроокиси кальция быстро модифицировать тяжелые глинистые грунты — для чего требуется предварительная обработка с помощью 2 % извести (относительно сухой массы грунта) с последующим 12-часовым созреванием и стабилизацией зольной пылью.

Примечание. Как правило, хорошие результаты в проектах стабилизации с помощью извести/зольной пыли получаются при соотношении извести и зольной пыли в диапазоне от 1:2 до 1:3.

Соотношение компонентов в смеси зависит от характеристик грунта и определяется путем лабораторных испытаний.

Данный метод позволяет оптимизировать эксплуатационные характеристики каждого материала. Зольная пыль представляет собой пуццолан, который вовлекает дополнительный кремнезем в процесс гидратации.

Данный процесс позволяет повысить прочность грунтов.

Существуют также некоторые свидетельства того, что дополнительное содержание кремнезема может привести к снижению потенциала свободной извести к соединению с потенциально разрушающими компонентами грунта, такими как растворимые сульфаты. Поскольку зольная пыль и шлаки являются побочными продуктами сжигания угля, ее качество может сильно различаться, в зависимости от источника происхождения и от времени образования. Необходимо соблюдать осторожность при выполнении испытаний с использованием зольной пыли, которая будет применяться в процессе реализации проекта.

Битумные эмульсии и вспененный битум вводится в стабилизируемый материал с целью снижения трещинообразования в слое. Как правило, при стабилизации грунтов ввод минеральных вяжущих создает прочный каркас в рыхлом материале, при этом, чем выше прочность стабилизированного слоя, тем более возможно образование усадочных, деформационных и температурных трещин.

Для снижения эффекта образования трещин часто в стабилизированный грунт вводят битумную эмульсию либо вспененный битум.

Битумную эмульсию или вспененный битум рационально вводить в состав комплексного вяжущего, только при условии отсутствия в стабилизированном грунте глинистых и пылевидных частиц более чем 20%. Это связано с битумоемкостью глинистых и пылевидных частиц, которые будут забирать на себя все количество введенного в слой битума, сворачивать его (образовывать битумные конгломераты), тогда как ввод органического вяжущего имеет смысл только в организации его работы с крупными частицами в стабилизированном грунте.



Щебень
Гравий
Песок
Щебеночно-гравийно-песчаные смеси
Шлаковые щебеночно-песчаные смеси
Гравийно-песчаные смеси
Минеральные порошки



Битумная эмульсия



Цемент

+



Битумная эмульсия

=



Вспененный битум



Цемент

+



Вспененный битум



Уплотнённая
органоминеральная
смесь

Эмульсия – это дисперсия капелек одной жидкости в другой.

Битумные эмульсии представляют собой тип дисперсии масло в воде, однородная среда – это вода, а дисперсная среда - битум. В микроскоп можно наблюдать частицы сферической формы различного диаметра от 0,4 до 40 микрон.

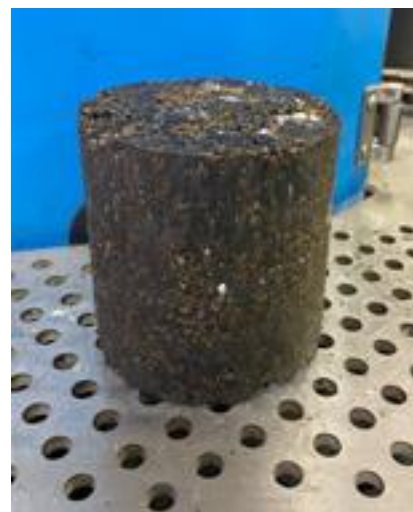
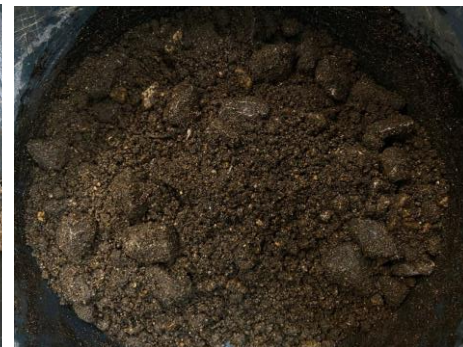
Битумная эмульсия состоит из битумного вяжущего (40% - 70%), воды и эмульгатора.

Если смешивать масло и воду, то образуется эмульсия, но как только смешивание прекратится, они снова отделятся. Чтобы не произошло такое сепарирование, и эмульсия была стабильной, используют эмульгатор, который предотвращает или задерживает фазу отделения.

В некоторых случаях эмульсия может содержать добавки, улучшающие свойства покрытия (повышающие сцепление), или полимеры.

- ☐ Способствовать образованию эмульсии, воздействуя на поверхностное натяжение обеих сред (фаз)

- ☐ Стабилизировать готовую эмульсию, распределиться по поверхности дисперсных частиц битума, предотвращая когезию



Пример подбора состава укрепления глинистого грунта.

Условие:

Грунт: суглинок с числом пластичности $I_p = 0,13$;

Содержание песчаных частиц (2-0,05 мм), 45% от массы (более 40%, следовательно грунт - суглинок тяжелый песчанистый;

Показатель текучести $0,50 < I_L \leq 0,75$, следовательно грунт – мягкопластичный.

Без примеси органического вещества.

По степени засоленности грунт не засоленный.

Оптимальная влажность грунта 25%, максимальная плотность 1,78.

Задание: требуется провести подбор по укреплению грунта до марки по прочности М10 по ГОСТ 23558.

Решение 1 этап:

1. Грунт в истинной характеристики непригоден для укрепления согласно требованиям ГОСТ 23558. Необходимо изменить физико-механические свойства грунта за счет внесения извести (негашеной) в объеме от 2-4%. За счет внесения извести изменится число пластичности, показатель текучести и зерновой состав.

1.1. В лаборатории готовим образец грунта с известью с процентным содержанием 2%, 3%, 4%, для этого берем 3 сухие навески грунта (при необходимости грунт размельчаем), от веса сухого грунта для каждой навески берем необходимое количество извести в разных процентных соотношениях, хорошо перемешиваем.

1.2. Добавляем оптимальное количество воды (по значению оптимальной влажности грунта без добавок) в образцы и тщательно перемешиваем. Если грунт после ввода воды в материал будет суховатым, а при смятии его в ладони не будет образовываться ком (материал рассыпается на руке), можно добавить еще воды в объеме не превышающем 30% от оптимальной влажности. Эффект сухого грунта может происходить если известь имеет высокую активность. (пример: на 1 кг грунта взято 2% извести, что равно 20гр., и добавлено 25% или 250мл воды, увеличение водной фазы возможно на 75 мл.

Решение 1 этап:

1.3. Подготовленные пробы необходимо накрыть влажной тканью и оставить на 24 часа в лаборатории.

1.4. Через 24 часа провести испытание грунта на определение физико-механических характеристик. Если в результате, изменения будут незначительными, то пробу грунта следует испытать еще через 48 часов.

Решение 2 этап:

2. После модификации грунта и изменения физико-механических характеристик делаем выбор оптимального процентного соотношения известки к грунту по полученным данным (выбираем процентное соотношение, которое изменяет физико-механические характеристики делая грунт пригодным для укрепления). Готовим объем грунта для проведения подбора количества цемента для достижения прочностных характеристик грунта укрепленного минеральным вяжущим марки по прочности М10.

2.1. Модифицируем грунт известью, выдерживаем требуемое количество часов и делим массу грунта для формования 2-3 серий образцов.

2.2. После модификации определяем естественную влажность грунта (грунт будет обладать влажностью в связи с тем, что ранее он подвергался увлажнению водой).

2.3. Добавляем 2%, 3% и 4% цемента в каждую партию, тщательно перемешиваем, добавляем воду в требуемом объеме, для доведения грунта до оптимальной влажности и снова тщательно перемешиваем.

2.4. Формуем образцы из укрепленного грунта при помощи пресса под нагрузкой 15 МПа.

Решение 2 этап:

2.5. Образцы отправляем в камеру нормального твердения для набора прочностных характеристик на 7 и 28 суток или накрываем влажной тканью и оставляем на 3 суток контролируя влажность ткани, по истечению 3 суток образцы помещаем в пакеты увлажняя перед этим из пульверизатора водой и храним в помещении при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ и влажности 95%.

2.6. По истечению промежуточного и проектного срока хранения проводим испытание образцов на сжатие и растяжения при изгибе предварительно перед испытанием образцы погружаем в воду для водонасыщения на 48 ч. Вначале образцы заливаем водой на $1/3$ высоты, а через 6 ч - полностью и выдерживаем 42 ч.

2.7. По результатам испытаний делаем соответствующее заключение о жизнеспособности подобранного состава и если требуемые характеристики подтверждены состав оформляется по форме согласованной с заказчиком и утверждается ответственными лицами.

Пример подбора состава укрепления глинистого грунта по ПНСТ 322.

Условие:

Грунт: суглинок с числом пластичности $I_p = 0,10$;

Содержание песчаных частиц (2-0,05 мм), 45% от массы (более 40%, следовательно грунт - суглинок тяжелый песчанистый;

Показатель текучести $0,50 < I_L \leq 0,75$, следовательно грунт – мягкопластичный.

Без примеси органического вещества.

По степени засоленности грунт не засоленный.

Оптимальная влажность грунта 22%, максимальная плотность 1,75.

Задание: требуется провести подбор на укрепление грунта марки по прочности М10, марки по водостойкости В 0,6, коэффициент морозостойкости не менее 0,75 по ПНСТ 322.

Решение:

1. Грунт пригоден для укрепления согласно требованиям ПНСТ 322.
 - 1.1. Высушиваем грунт до постоянной массы в объеме достаточном для изготовления образцов.
 - 1.2. Назначаем три дозировки содержания минерального вяжущего (цемента) (3%, 4%, 5%).
 - 1.3. Добавляем вяжущее в грунт, тщательно перемешиваем, после этого добавляем оптимальное количество воды (дозировку рассчитываем по значению оптимальной влажности грунта без добавок) в образцы и тщательно перемешиваем.
 - 1.4. Формуем образцы из укрепленного грунта при помощи уплотнителя Проктора в форме А, с уплотняющим молотом А. Форму заполняем в 5 слоев, уплотняя каждый слой за 25 ударов по ПНСТ 324.
 - 1.5. Изготовленные образцы отправляем в камеру нормального твердения для набора прочности на 7 (28) и 28 (90) суток или накрываем влажной тканью и оставляем на 3 суток контролируя влажность ткани, по истечению 3 суток образцы помещаем в пакеты увлажняя перед этим из пульверизатора водой и храним в помещении при температуре +20°C и влажности 95%.

Решение:

1.6. По истечению промежуточного и проектного срока хранения проводим испытание образцов на сжатие и растяжение при раскалывании, перед испытанием образцы погружаем в воду для водонасыщения на 72 ч. Вначале образцы заливаем водой на 1/3 высоты, а через 24 ч - полностью и выдерживаем 48 ч.

1.7. По результатам испытаний делаем заключение о работоспособности подобранного состава и если требуемые характеристики подтверждены состав оформляется по форме согласованной с заказчиком и утверждается ответственными лицами.

Наименование грунта		Тип вяжущего					
		Битумная эмульсия	Цемент	Известь		Зола	Хим. вяжущие
				Не гашеная	Гашеная известь		
Водонасыще нные	Содержание органических веществ до 4%	-	-	+	+	+	+
	Содержание органических веществ св. 4%	-	-	+	+	-	+
Глинист ые*	Супеси	-	+	+	+	+	+
	Суглинки	-	+	+	+	+	+
	Глины, илистые	-	+	+	+	+	+
Пески	Однородные	+	+	+	-	+	+
	Неоднородные	+	+	+	-	+	+
Крупнообло мочные	Содержание пылевидных и глинистых частиц до 20%	+	+	-	-	-	+
	Содержание пылевидных и глинистых частиц св. 20%	++	+	+	-	+	+

Вид грунта по pH	Вид обработки	Вид вяжущих
Кислые грунты (pH <6)	Стабилизация	Катионные битумные эмульсии и химические вяжущие
	Комплексная стабилизация	Цемент в количестве <2% по массе, катионные битумные эмульсии и химические вяжущие
	Комплексное укрепление	Цемент в количестве >2% по массе, катионные битумные эмульсии и химические вяжущие
Щелочные грунты (pH >7)	Стабилизация	Анионные битумные эмульсии и химические вяжущие
	Комплексная стабилизация	Цемент в количестве <2% по массе, анионные битумные эмульсии и химические вяжущие
	Комплексное укрепление	Цемент в количестве >2% по массе, анионные битумные эмульсии и химические вяжущие
Нейтральные грунты pH от 6 до 7	Стабилизация	Химические вяжущие.
	Комплексная стабилизация	Цемент в количестве <2% по массе, химические вяжущие
	Комплексное укрепление	Цемент в количестве >2% по массе, химические вяжущие

Химические свойства/компоненты	Обозначение	Негашеная известь, %	Известь + цемент, %	Цемент + известь min сод. + зола, %	Цемент, %
Потери при прокаливании	-	1,2	14,12	13,84	1,33
Диоксид кремния	SiO ₂	1,2	10,38	27,26	21,73
Оксид кальция	CaO	58,3	53,76	38,15	63,75
Оксид магния	MgO	39,4	14,93	1,84	1,72
Оксид алюминия	Al ₂ O ₃	0,23	2,34	4,4	4,12
Оксид железа	Fe ₂ O ₃	0,12	-	-	3,48
Сера	S	0,02	-	-	-

Расход (ориентировочный) вяжущих материалов в зависимости от вида грунта, %

Вид грунта

Вид грунта	Цемент		Известь		Известь + цемент		Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + цемент)		Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + цемент + известь)		Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + цемент + зола)	
	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания	верхний слой основания или покрытие	нижний слой основания
Крупнообломочные несцементированные грунты (гравийные, дресвяные, щебенитые), песчано-гравийные, щебеночно-песчаные смеси близкие к оптимальному составу, пески гравелистые, крупные и средние (неоднородные) пески	3-6	2-6	3-6	3-4	-	-	(2-6) + (3-6)	(2-6) + (3-5)	(2-6) + (3-6) + (2-4)	(2-6) + (3-5) + (2-3)	(2-6) + (3-6) + (10-25)	(2-6) + (3-5) + (10-25)
Супеси, близкие к оптимальному составу, супеси легкие крупные, легкие и тяжелые пылеватые супеси, суглинки (пылеватые и не пылеватые)	4-6	2-6	6-8	4-6	(5-7) + (4-6)	(3-7) + (3-6)	(3-7) + (4-8)	(3-7) + (3-6)	(3-7) + (3-6) + (3-6)	(3-7) + (3-5) + (3-5)	(3-7) + (3-6) + (10-25)	(3-7) + (3-5) + (10-25)
Пески разнообразного состава и супеси с числом пластичности менее 3	4-6	3-5	2-4	2-3	(2-4) + (4-6)	(2-3) + (3-4)	(3-6) + (4-7)	(3-5) + (3-4)	(3-6) + (3-6) + (2-4)	(3-5) + (3-5) + (2-3)	(3-6) + (3-6) + (10-25)	(3-5) + (3-5) + (10-25)
Суглинки тяжелые и суглинки тяжелые пылеватые	-	4-6(8)	7- 8	5-6	(2-6) + (4-6)	(2-6) + (4-6)	-	-	-	-	-	-
Глины песчаные, глины пылеватые	-		8-10	6-8	-	-	-	-	-	-	-	-









Уход за уплотнённым стабилизированным слоем



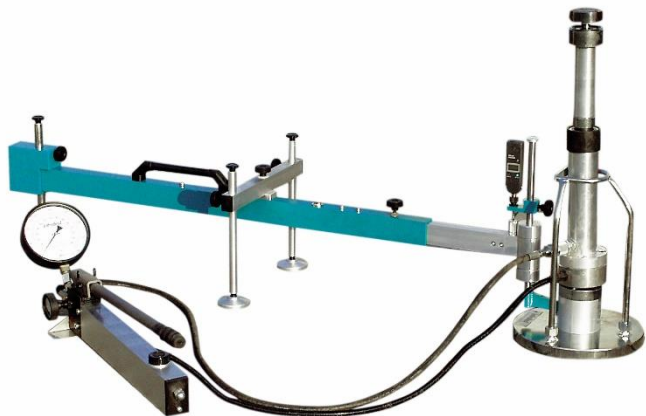
Определение плотности и удельного веса методом песчаного конуса



Определение плотности и пористости экспресс-методом



Определение модуля упругости







РЕГЕНЕРАЦИЯ СЛОЁВ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Регенерация – технология переработки старого асфальтобетонного материала, предусматривающая восстановление и улучшение его характеристик

Регенерация слоев асфальтобетона позволяет восстановить несущую способность основания автомобильной дороги.

Регенерация нуждается в устройстве верхнего гидроизолирующего слоя.

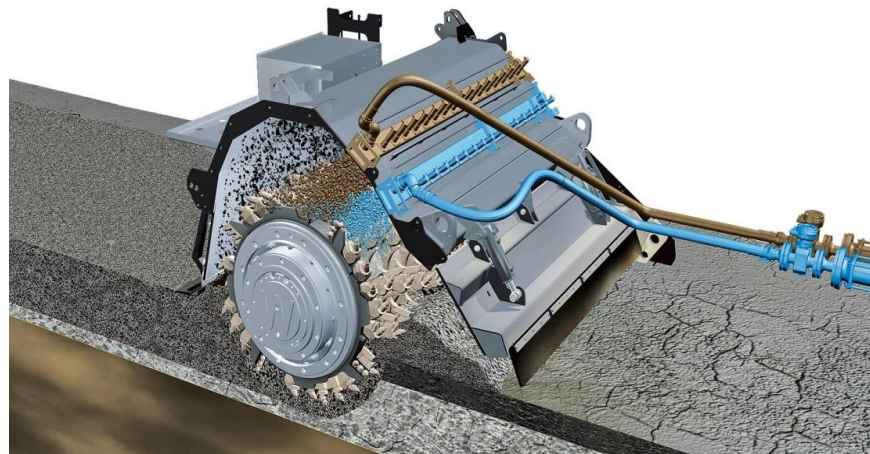
- 1) **Асфальтогранулят**: материал, получаемый в результате фрезерования существующего асфальтобетонного покрытия (переработанный асфальтобетон).
- 2) **Асфальтобетонный гранулят**: продукт холодного фрезерования асфальтобетонных конструктивных слоев дорожной одежды.
- 3) **Асфальтогранулобетонная смесь**: смесь, состоящая из асфальтобетонного гранулята, скелетного материала, органического и/или минерального вяжущего и воды.
- 4) **Асфальтогранулобетон**: Уплотненная асфальтогранулобетонная смесь или конструктивный слой дорожной одежды, получаемый по технологии холодного ресайклинга
- 5) **Зерновой состав асфальтогранулобетонной смеси**: весовое содержание зерен (фракций) различной крупности в материалах фрезерования, асфальтогранулобетонной смеси.
- 6) **Регенерированный слой**: конструктивный слой основания дорожной одежды, полученный после уплотнения распределенной асфальтогранулобетонной или грунтобетонной смеси

- 7) **Регенерированный слой:** конструктивный слой основания дорожной одежды, полученный после уплотнения распределенной асфальтогранулобетонной или грунтобетонной смеси.
- 8) **Ресайклер:** Однопроходная универсальная самоходная машина для холодной регенерации слоев старой дорожной одежды. Дорожная фреза с возможностью резки обратным ходом.
- 9) **Смешение на дороге:** технологический процесс приготовления всех видов асфальтогранулобетонных или грунтобетонных смесей с добавлением органических и/или минеральных вяжущих непосредственно на месте проведения работ.
- 10) **Скелетный материал:** щебень, песок, песчано-гравийная смесь, щебеночно-песчаная смесь, и другие материалы.

- 11) **Технология холодного ресайклинга (ресайклирование):** технология фрезерования старого дорожного покрытия с последующим смешением переработанного асфальтобетона с добавлением или без добавления каменного материала с вяжущим и уплотнением получившейся смеси.
- 12) **Фреза дорожная:** многопроходная дорожная машина навесного или прицепного типа.
- 13) **Характерный участок:** участок автомобильной дороги, обладающей одинаковыми транспортно-эксплуатационными характеристиками, конструкцией дорожной одежды и земляного полотна, интенсивностью и составом дорожного движения, состоянием покрытия по видам дефектов.
- 14) **Холодная регенерация конструктивных слоев:** измельчение конструктивных слоев методом фрезерования с введением, при необходимости, органических и/или минеральных вяжущих, нового скелетного материала и других добавок, с последующим перемешиванием всех компонентов, распределением полученной асфальтогранулобетонной или грунтобетонной смеси и ее уплотнением.

Технология холодной регенерации - процесс, при котором производится:

- измельчение покрытия (в некоторых случаях с захватом части основания) посредством холодного фрезерования;
- введение в образовавшийся асфальтобетонный гранулят при необходимости нового скелетного материала, вяжущего и других добавок;
- перемешивание всех компонентов с получением асфальтогранулобетонной смеси;
- распределение ее в виде конструктивного слоя и уплотнение



Отличительная особенность технологии - восстановление монолитности (сплошности) асфальтобетонных слоев дорожной одежды на всю или часть толщины без разогрева асфальтобетона или асфальтобетонного гранулята

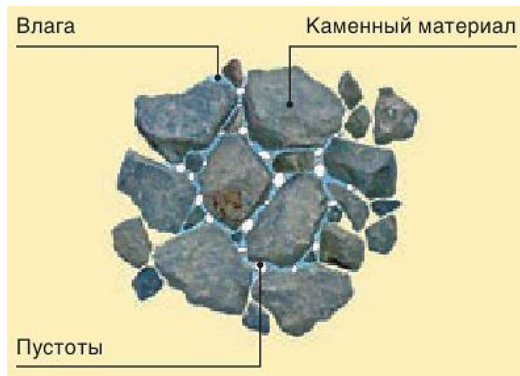
Виды холодной регенерации

Холодная регенерация на
полную глубину

Регенерируется (измельчается
барабаном) весь пакет
асфальтобетонного слоя с
захватом как минимум 3-5 см
нижнего слоя основания

Холодная регенерация на
неполную глубину

Часть слоя асфальтобетонного
пакета остается неизмельченной



Несвязанные материалы, такие как щебень, передают нагрузку через отдельные зерна. При повторяющейся нагрузке и увеличении влажности происходит доуплотнение материала, проявляются деформации на покрытии в виде колеи



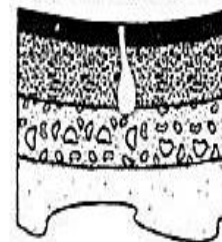
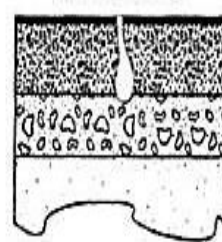
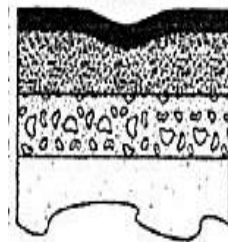
В слоях из цемента- и асфальтобетона возникают напряжения сжатия и растяжения. Вызванные этими напряжениями деформации при их многократном повторении, ведут к усталостному разрушению слоя. При этом в нижней части появляются трещины, которые распространяются вертикально вверх по мере повторений нагрузки



Частично связанные материалы ведут себя подобно несвязанным материалам с трением между зернами, но с более высокой жесткостью. Основным видом разрушения здесь является остаточная деформация. Усталостная прочность не является определяющим параметром, битум неполностью обволакивает зерна

Показанием для применения технологии холодной регенерации служит **трещиновато-блочное состояние** пакета монолитных слоев дорожной одежды. Растрескивание происходит в процессе эксплуатации дороги под влиянием циклического воздействия низких температур и движущегося транспорта.

На покрытии могут отсутствовать видимые трещины (кроме температурных), поскольку усталостные трещины, возникающие в подошве пакета монолитных слоев, еще не достигли в своем развитии поверхности покрытия



О степени скрытого растрескивания пакета монолитных слоев дорожной одежды можно судить по модулю упругости E_{10} , рассчитанному при 10°C , исходя из данных фактического общего модуля упругости дорожной конструкции и расчетных характеристик конструктивных слоев (по ПНСТ 542). При:

$$E_{10} < 1100 \text{ МПа}$$
$$(E_{20}/E_{10}) > 0,60,$$

где E_{20} - рассчитанный модуль пакета монолитных слоев при 20°C .

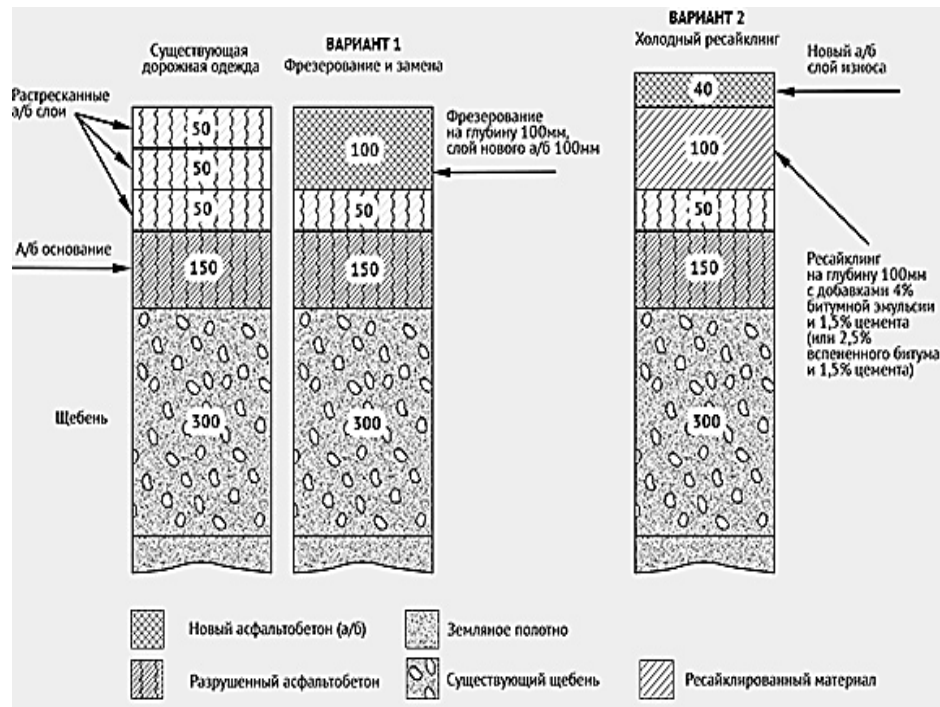
Можно считать, что пакет монолитных слоев дорожной одежды имеет трещиновато-блочную структуру.



На дорогах с приведенной расчетной интенсивностью воздействия нагрузки $N_p > 2000$ ед./сут регенерированный слой служит верхним слоем основания, на которое укладывают двухслойное асфальтобетонное покрытие общей толщиной 9 - 10 см.

На дорогах с $500 \leq N_p \leq 2000$ ед./сут на регенерированный слой может быть уложено однослойное покрытие толщиной 4 - 5 см.

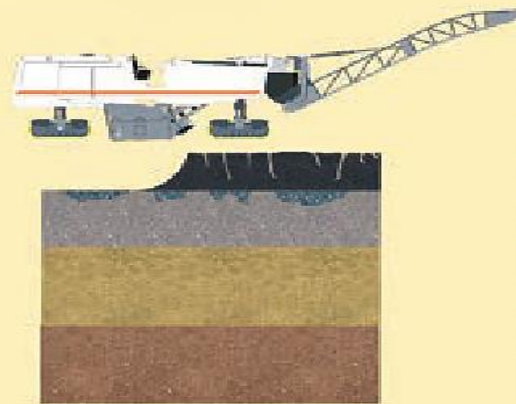
На дорогах с $N_p \leq 500$ ед./сут регенерированный слой рассматривают в качестве слоя покрытия, на котором должна быть устроена поверхностная обработка.



Работы по восстановлению покрытия ограничиваются, как правило, верхней частью дорожной одежды. На старое покрытие, укладывается тонкий (толщиной 40-50 мм) слой горячего асфальтобетона. Это самый простой способ восстановления поверхности и трещины вновь проявляют себя на верхнем слое покрытия.

Слой растрескавшегося асфальтобетона может быть удален фрезерованием, а на его место укладывается слой новой горячей смеси.

Существующая
дорожная одежда

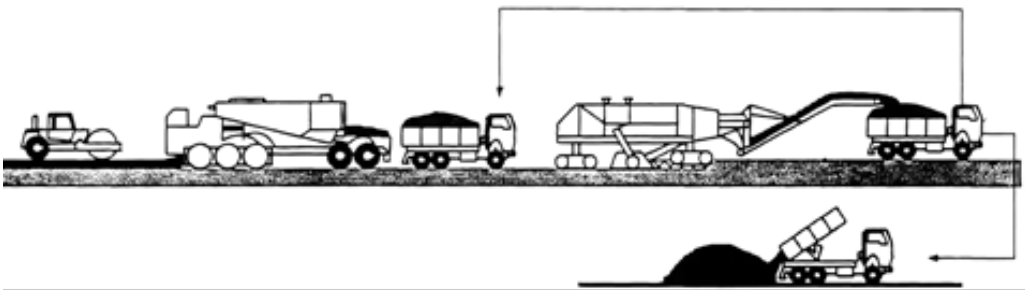
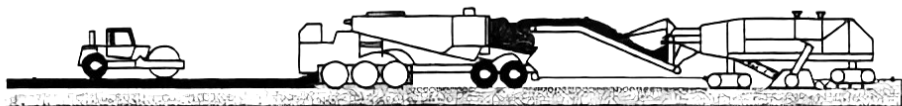


Взятие вырубki позволяет оценить:
толщину всех слоев дорожной одежды
влажность материала в каждом слое
плотность (степень уплотнения) в каждом
слое состояние материала различных слоев.

Важно:

- длина керна, ограничена высотой коронки кернаотборника;
- керна не должен быть поврежден при выемке если зерна крупнее 19 мм, следует применять коронку диаметром 150 мм;
- при взятии вырубki невозможно получить образцы из неукрепленного материала.





■ Технологические схемы холодного ресайклинга с использованием в качестве ведущей машины смесителя-укладчика



■ Ресайклинг с использованием мобильной установки

Разновидности регенераторов (ресайклеров)



■ Ресайклер на гусеничном ходу

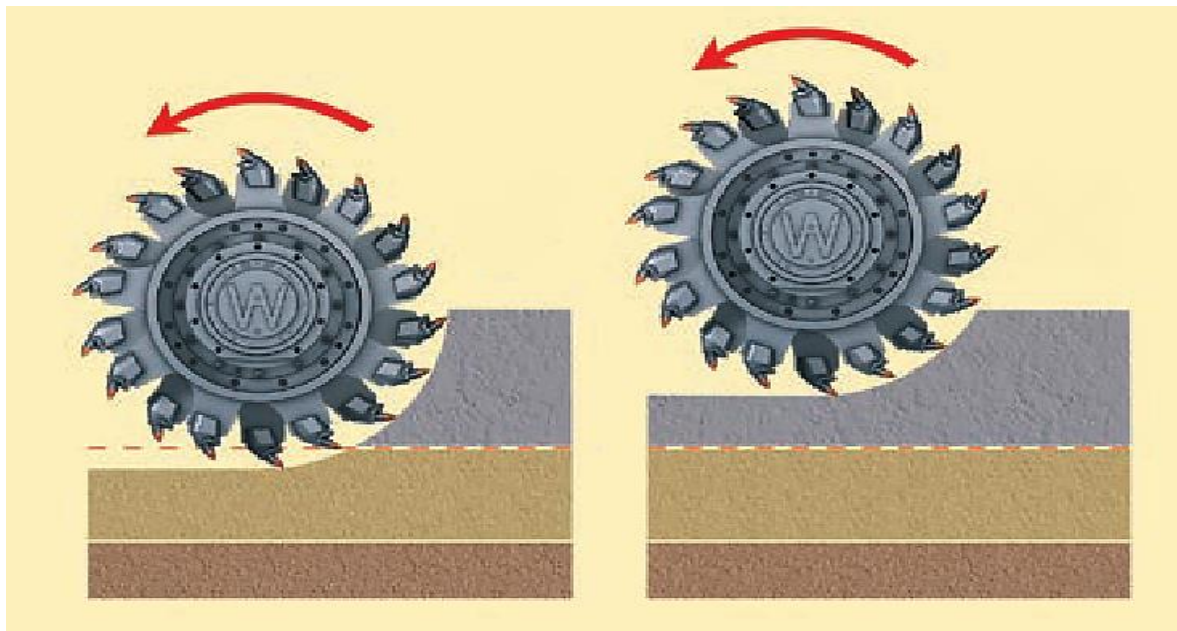


■ Ресайклер на колесном ходу



Измельчение материалов фрезой холодного ресайклера

Колесные ресайклеры должны разрабатывать связанный материал (асфальтобетон) от нижней части его слоя



Ресайклинг с увеличением толщины слоя

В случае ресайклинга с увеличением толщины слоя потребуется увеличение глубины фрезерования, что приведет к добавлению в смесь различных материалов более низкого качества из нижних слоев дорожной одежды. При этом должна быть проведена проверка его пригодности. Для значительного повышения толщины слоя старый материал может быть смешан с новым, привозным каменным материалом

Толщина слоя недостаточна для требуемой нагрузочной пропускной способности дорожной одежды

Вариант 1: Увеличение толщины слоя за счет повышения глубины фрезерования в существующей дорожной одежде

Вариант 2: Увеличение толщины слоя путем добавления нового каменного материала при сохранении той же глубины фрезерования



Технологические схемы ресайклинга

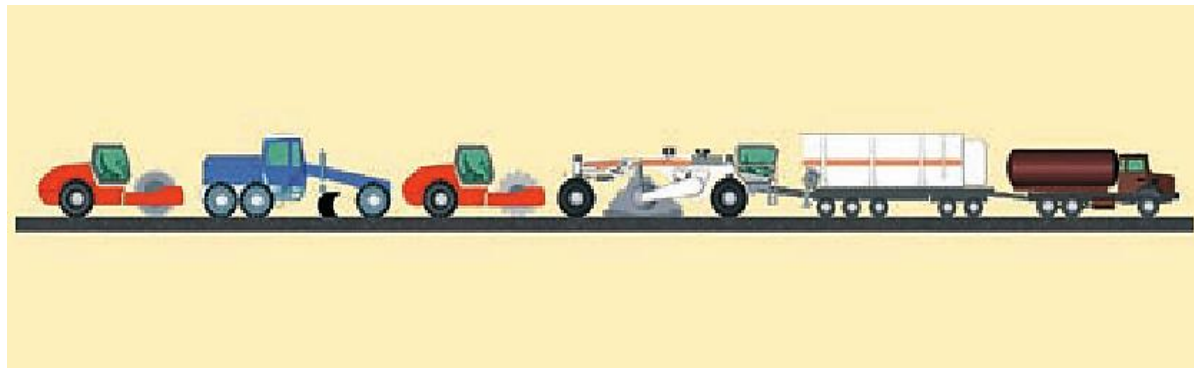
ресайклинг без стабилизации
вяжущими (механическая
стабилизация путем
дробления и уплотнения)



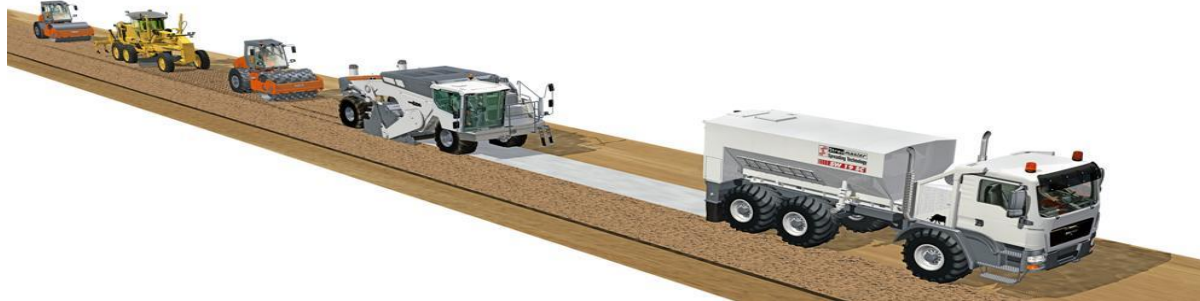
ресайклинг с распределением
нового материала перед
ресайклингом



ресайклинг
с применением суспензии



ресайклинг
при стабилизации цементом



Распределение неорганического вяжущего

Неорганическое вяжущее может вноситься в виде суспензии через суспензатор в барабан ресайклера, либо путем россыпи его специальной техникой, обеспечивающей точность внесения вяжущего в килограммах, на квадратный метр. При применении россыпи вяжущего необходимо постоянно контролировать его дозировку на поверхности покрытия, особенно при изменении партии вяжущего, а так же однородность россыпи. Результаты необходимо заносить соответствующий журнал.



Однородность при измельчении и перемешивании материалов

После прохода ресайклера за ним не должно оставаться комьев, превышающих 50 мм.

При выявлении наличия в составе асфальтогранулобетона комков материала более 50 мм, количество проходов должно быть увеличено как минимум в 2 раза (дополнительный проход). Также необходимо перед началом работ фрезеровать слой асфальтобетонного пакета фрезой на глубину минимум 5-8 см, таким образом прочный верхний слой асфальтобетона будет разрыхлен и ресайклер обеспечит однородное перемешивание и сократит износ резцов на барабане.



Оптимальная влажность гранулята

Оптимальная влажность гранулята составляет 2% без учета ввода любых других составляющих.

При добавлении щебня или ЩПС в слой асфальтобетонного гранулята необходимо определить оптимальное количество воды в составе исходя из водопоглощения щебня или оптимальной влажности ЩПС, добавляемого в состав регенерации с учетом процента его количества в смеси.

При применении регенерации с использованием эмульсии для определения оптимальной влажности и назначении количества воды необходимо учитывать количество воды, содержащейся в эмульсии, добавляемой в состав.





Минеральные: цемент, известь, золы уноса ТЭЦ, шлаки



Органические: на основе битума, смол, дегтей



Химические: химические реагенты, полимеры органического и неорганического происхождения



Комплексные: смесь минеральных вяжущих с органическими или с химическими добавками

Минеральные: цемент, известь, золы уноса ТЭЦ, шлаки

Цемент – работает в регенерации на контакте между частицами.

Цемент может работать как вяжущее, но если в регенерируемом слое высокое содержание органического вяжущего цемент может работать как блокатор излишнего вяжущего, этот эффект предотвращает возможность образования колеи на регенерированном слое.

Количество цемента в слое регенерации рекомендовано назначать в пределах от 2 до 5%. Точное количество определяется только путем выполнения лабораторного подбора с учетом требуемых прочностных характеристик и количества вновь добавляемых материалов.

Известь – крайне редко, но все таки применяется при регенерации ее задача снизить негативное влияние повышенного содержания органического вяжущего в существующем асфальтобетоне если оно превышает допустимые значения. Так же известь может быть применена при условии, производства регенерации на полную глубину если при этом в основании слоев существующего асфальтобетона находятся высокопластичные грунты, например глины, суглинки или щебеночно-песчаные смеси с глинистым заполнителем. Еще один вариант применения извести, это если слой и материал с которым требуется работать переувлажнен, тогда известь будет удалять воду.

Зола уноса – в зависимости от степени активности зола может работать как вяжущее и как наполнитель улучшающий зерновой состав регенерируемой смеси.

Необходимо помнить что золы бывают двух видов активности:

Наименование материала	Содержание ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$), %	Содержание CaO , %
Зола класса F	70	15 и ниже
Зола класса C	50	15 и выше (20-40)

При этом необходимо помнить, что некоторые особенно малоактивные золы нуждаются в активаторе своих вяжущих свойств. Активатором в таких случаях является цемент.

Шлаки – в зависимости от степени активности шлаки могут работать как вяжущее и как наполнитель улучшающий зерновой состав регенерируемой смеси.

Шлаки малоактивные в некоторых случаях так же могут нуждаться в активаторах. Активатором в таких случаях является цемент.

Органические: на основе битума, смол, дегтей

Битумные эмульсии и вспененный битум вводится в стабилизируемый материал с целью снижения трещинообразования в слое регенерации.

Битумная эмульсия – это дисперсия битума в воде.

Битумная эмульсия состоит из битумного вяжущего (40% - 70%), воды и эмульгатора.

В некоторых случаях эмульсия может содержать добавки, улучшающие свойства смеси (повышающие сцепление), или полимеры.

Для регенерации применяется битумная эмульсия ЭБДК М/ЭБДПДК М по ГОСТ Р 58921.1-2020. (ЭБК-3)

ВНИМАНИЕ! При работе с эмульсиями необходимо контролировать процесс смешения регенерируемых материалов с битумной эмульсией (не должно быть образование комочков (сворачивания) битумной эмульсии с мелким наполнителем), битумная эмульсия должна быть хорошо перемешана в смеси.

Химические: химические реагенты, полимеры органического и неорганического происхождения.

В случае получения негативных прочностных результатов в составе на регенерацию в лаборатории, применяют химические вяжущие (реагенты). Иногда химические вяжущие становятся одним из компонентов комплексного вяжущего.

К химическим вяжущим в основном относятся **полимеры**.

Работа полимеров в составе основывается на воздействии химической составляющей реагента непосредственно на каждую частицу смеси, изменяя при этом ее поверхность, которая в свою очередь меняет свои характеристики. Конечно, приоритетной задачей химического вяжущего является изменение гидрофобности смеси, в некоторых случаях еще и создание в смеси скелета из частиц который воспринимал бы нагрузки изгиба и растяжения без проявления трещинообразования.

Комплексные: смесь минеральных вяжущих с органическими или с химическими добавками.

Самыми распространенными являются смеси цемента и битумной эмульсии в разном процентном соотношении или цемента и вспененного битума.

Применение комплексного вяжущего должно быть всегда обосновано, путем лабораторного подбора.

1 Этап - оценка качественных характеристик существующего асфальтобетона

- 1.1. Определить толщину существующего пакета асфальтобетона на объекте.
- 1.2. Произвести осмотр участка с оценкой его состояния и выявить характерные места разрушений и колеи.
- 1.3. Определить места отбора проб и отобрать керны на всю глубину слоев асфальтобетона (если такое возможно).
- 1.4. Керны отбираются диаметром не менее 150 мм, на максимальную глубину. Нельзя отбирать керны по оси проезжей части.
- 1.5. Произвести замеры толщин слоев в выбуренных кернах, визуально оценить толщины всех слоев, которыми сложена автомобильная дорога.
- 1.6. Выжечь из образцов битумную часть и определить содержание остаточного вяжущего. Выполнить рассев минеральной части и определить содержание щебня в существующем асфальтобетоне.

2 Этап - оценка потребности в добавлении новых минеральных материалов

- 2.1. Исходя из полученных результатов по оценке качества существующего асфальтобетона необходимо оценить содержание щебня в асфальтобетоне.
- 2.1.1. Содержание щебня менее 50%: в материал требуется ввод щебня или другого каркасного материала.
- 2.1.2. Содержание щебня более 60%: в материал щебень или каркасный материал можно и не вводить, если материала достаточно по объему на объекте.
- 2.1.3. Содержание щебня 50-60%: в материал щебень или каркасный материал лучше ввести.
- 2.1.4. Объем щебня или каркасного материала в итоге не должен превышать 60-70%.
- 2.1.5. Смесь в итоге должна соответствовать по зерновому составу требованиям нормативного документа по которому производится подбор состава.
(ПНСТ 632, ОДМ 218.6.1.005)

3 Этап - оценка потребности в вяжущих материалах и их количестве

3.1. Исходя из полученных результатов по содержанию остаточного вяжущего выбираем возможные типы и количество вяжущего.

3.1.1. Содержание остаточного вяжущего менее 5%: в материал возможен ввод битумного вяжущего (битумной эмульсии или вспененного битума), или цемента или комплексного вяжущего.

3.1.2. Содержание остаточного вяжущего более 5%: в материал возможен ввод битумного вяжущего (битумной эмульсии или вспененного битума) только если в состав предусматривается ввод нового скелетного материала в объеме достаточном для снижения количества остаточного битумного вяжущего.

3.1.3. Итоговый объем битумного вяжущего в общем составе не должен превышать 5,5% с целью недопущения колееобразования на регенерированной смеси.

4 Этап – подбор состава

- 4.1. Подготавливаем керны для подбора путем дробления их в лабораторной дробилке. Высушиваем асфальтогранулят до постоянной массы.
- 4.2. Берем (при необходимости) требуемое количество сухого, нового скелетного материала и перемешиваем его с асфальтогранулятом.
- 4.2. Рассчитываем теоретическую оптимальную влажность. Для этого определяем оптимальную влажность вновь добавляемого материала и принимаем оптимальную влажность гранулята 2%, по процентному содержанию в смеси рассчитываем теоретическое значение оптимальной влажности смеси. Обращаем внимание на то, что если в состав будет добавляться битумная эмульсия в ее составе так же будет содержаться вода и эта вода, должна быть учтена при подборе, как оптимальная влажность, минус процент воды в эмульсии.
- 4.3. Добавляем цемент в требуемом процентном отношении в расчете на сухой материал смеси. Все тщательно перемешиваем.

4 Этап – подбор состава

- 4.4. Если добавляется битумная эмульсия то сначала вводим воду в состав и затем эмульсию. Все тщательно перемешиваем. Если эмульсия не добавляется то вводим в состав воду и все перемешиваем.
- 4.5. Изготавливаем образцы по ПНСТ 632 или ОДМ 218.6.1.005-2021.
- 4.6. После изготовления образцы помещают в камеру нормального твердения (если в качестве вяжущего применялся цемент или комплексное вяжущее). Если в качестве вяжущего использовалась битумная эмульсия без минерального вяжущего, то образцы хранят на воздухе.
- 4.7. Через 3 (7) или 14 суток в зависимости от применяемого вяжущего проводится оценка прочностных и качественных характеристик. При подборе рекомендовано выполнять несколько серий образцов с различным содержанием вяжущего.
- 4.8. На основании полученных данных определяется оптимальный состав и оформляется рецепт.

Тип материала — включая RAP	Хорошо отсортиро- ванный гравий	Плохо отсортиро- ванный гравий	Пылеви- дный гравий	Глинистый гравий	Хорошо отсортиро- ванный песок	Плохо отсортиро- ванный песок	Пылеватый песок	Глинистый песок	Ил, ил с песко- м	Непласти- чная глина	Эласти- чный ил	Жирная глина, жирная глина с песком
Вид вяжущего												
Битумная эмульсия	X	X	X	X	X	X	X					
Вспененный битум	X		X	X	X		X					
Цемент, цемент + зола/(известь), самоцементирую- щаяся зольная пыль класса С	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Известь								X		X	X	X
Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + минеральное вяжущее).	X	X	X	X	X	X	X					

Вид асфальтогранулята (АГ)	Расход (ориентировочный) вяжущих материалов в зависимости от типа технологии, и вида асфальтогранулята (АГ), %							
	Цемент		Известь + цемент		Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + цемент)		Комплексное вяжущее (битумная эмульсия + известь)	
	ХРПГ	Ресайклинг на заданную глубину ХРПГ	Ресайклинг на заданную глубину	ХРПГ	Ресайклинг на заданную глубину	ХРПГ	Ресайклинг на заданную глубину	
Асфальтогранулят оптимального состава или близкий к нему, с нормальным содержанием крупных частиц	3-6	2-5	(2-3)	(0-2)	(3-5)	(3-5)	(2-6)	(2-6)
			+	+	+	+	+	+
			(3-4)	(3-4)	(3-5)	(2-4)	(3-5)	(3-5)
Асфальтогранулят не оптимального состава с малым содержанием крупных частиц	4-6	3-6	(0-3)	(0-2)	(3-5)	(3-4)	(3-6)	(3-6)
			+	+	+	+	+	+
			(3-4)	(3-4)	(3-4)	(3-4)	(0-3)	(0-2)

*ХРПГ – холодная регенерация на полную глубину

Процесс регенерации с использованием смесительной установки



Процесс регенерации на месте





Спасибо за внимание!