

Опыт применения технологии укрепления грунтов при строительстве автодорожных подходов к Крымскому мосту со стороны Краснодарского края



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

Автодорожный подход к транспортному переходу через Керченский пролив со стороны Краснодарского края



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

Начало проектируемой дороги принято в районе км 100+98,9 существующей автомобильной дороги М-25 «Новороссийск - Керченский пролив» и заканчивается на ПК 400+28,10 в районе косы Тузла, на стыке с проектируемым мостовым переходом через Керченский пролив.

Перспективная интенсивность движения на 2034 г. в обоих направлениях составляет не менее 36 000 авт/сут.

Согласно расчетной интенсивности движения на 20-летнюю перспективу, проектируемая дорога отнесена к категории 1-б, с четырьмя полосами движения.

Технология укрепления грунтов включена в технические решения объекта строительства, с целью максимально возможного использования местных грунтов.



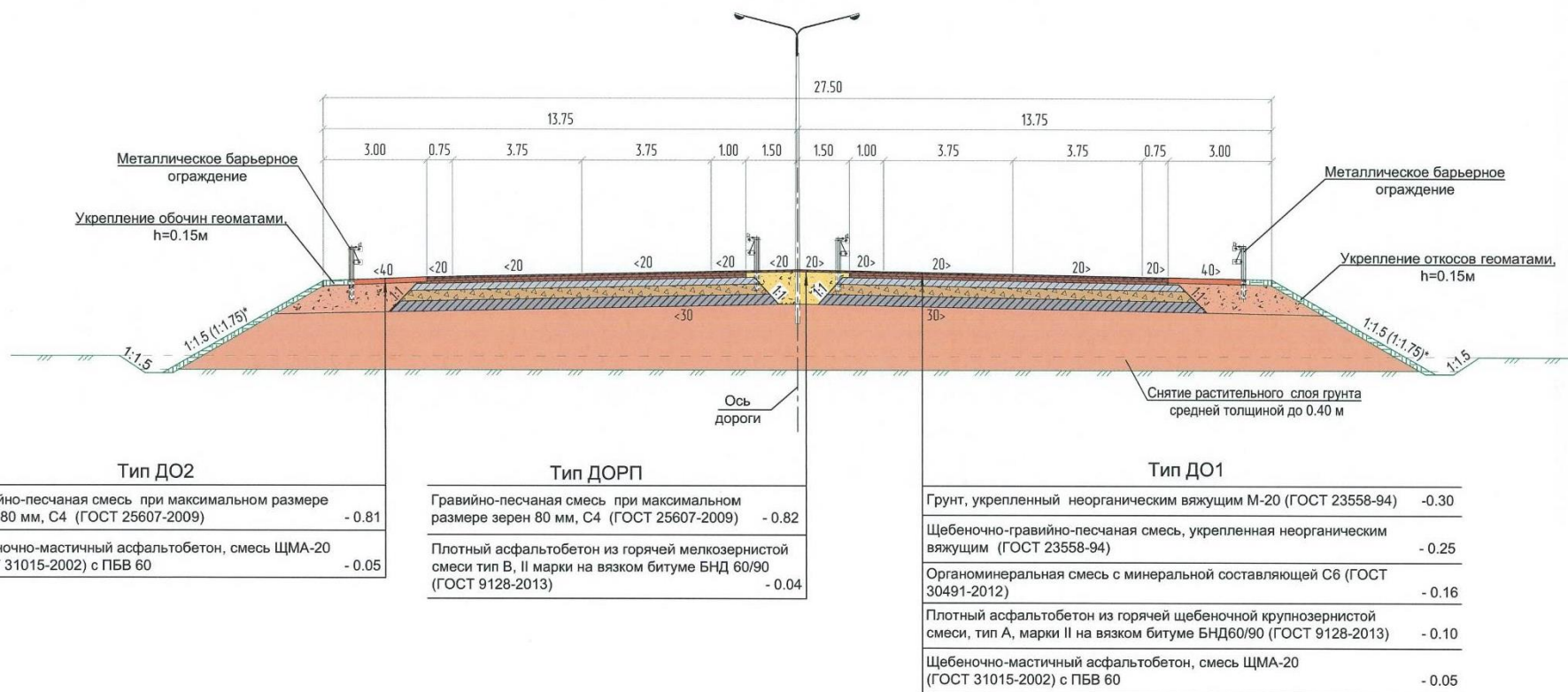
ПРИНЯТАЯ КОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВНОМ ХОДУ ТРАССЫ



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР





1. Грунт, укрепленный неорганическим вяжущим М20 (ГОСТ 23558-94) - толщина слоя 30 см;
2. Нижний слой основания из щебеночно-гравийно-песчаной смеси, укрепленный неорганическим вяжущим М60 (ГОСТ 23558-94) - толщина слоя 25 см.
3. Верхний слой основания из органоминеральной смеси (ГОСТ 30491-2012) при максимальном размере зерен 40 мм - толщина слоя 16 см.



До устройства конструктивного слоя необходимо выполнить работы по устройству и уплотнению верхнего слоя земляного полотна до коэффициента уплотнения не ниже 1,0.

Перед проведением работ осуществляются пробные режимы укатки слоя грунта, укрепленного неорганическим вяжущим, на опытном участке, с целью определения оптимальных режимов уплотнения укрепляемого слоя. Результаты пробной укатки оформляются актом пробного уплотнения укаткой и согласовываются Заказчиком.

По результатам исследования качества входящих материалов от различных поставщиков строительной лабораторией производится подбор оптимального состава грунта и неорганического вяжущего для получения проектных показателей характеристик слоя дорожной одежды. Результаты подбора оформляются картой подбора состава грунта, укрепленного неорганическим вяжущим и согласовываются Заказчиком.

Устройство конструктивного слоя дорожной одежды по типу ДО1 толщиной 30 см из грунта, укрепленного неорганическим вяжущим, М20, приготовленным методом смешения на дороге, на объекте:

Для проведения работ используют следующие строительные материалы:

Супесь песчанистая по ГОСТ 25100-2011;

неорганическое вяжущее - портландцемент марки ЦЕМ II/A-П 32,5 Н (ГОСТ 22266-2013; ГОСТ 30515-2013)

пленкообразующий материал - битумная эмульсия катионного типа



Технология укрепления слоя грунта, неорганическим вяжущим включает следующие операции:

- отсыпка слоя грунта до проектных отметок
- профилирование и прикатка грунта грунтовым катком
- определение естественной влажности грунта на захватке влагомером
- назначение количества воды, подаваемой в камеру ресайклера
- распределение по слою грунта неорганического вяжущего материала;
- смешивание грунта и неорганического вяжущего ресайклером (CAT RM500) ;
- профилирование и уплотнение укрепленного слоя грунта;
- уход за укрепленным слоем грунта





Укрепление слоя грунта неорганическим вяжущим производится захватками. Основным фактором, определяющим оптимальную величину захватки, является время окончания схватывания неорганического вяжущего после смешения с укрепляемым слоем грунта. Срок схватывания определяется по лабораторным испытаниям каждой партии поставляемого неорганического вяжущего. В зависимости от характеристик поставляемого неорганического вяжущего (портландцемента) время окончания схватывания варьируется в пределах 3-4,5 часов.

При определении величины захватки также учитываются степень естественной влажности грунта, параметры подачи воды в смесительный бункер при заданной скорости рабочего хода ресайклера, температура окружающего воздуха (в жаркий день захватку сокращают по причине более раннего срока схватывания портландцемента).

Средняя длина захватки при укреплении слоев из грунта, укрепленных неорганическим вяжущим, шириной 10-12 метров составляет 200-250 метров. Средняя длина сменной захватки принимается 600-750 метров.



Один раз в смену перед началом работ по распределению неорганического вяжущего сотрудник лаборатории производит замер естественной влажности слоя грунта в пределах сменной захватки экспресс-методом (с применением влагомера М44) и забором пробы грунта отобранной на глубине $1/3$ толщины слоя для лабораторного измерения естественной влажности.

По результатам измерения естественной влажности грунта лаборатория определяет необходимое количество воды для затворения грунта и неорганического вяжущего.

Распределение на поверхности неорганического вяжущего осуществляется с применением распределителя сыпучих вяжущих материалов. Количество неорганического вяжущего распределяемого на площадь укрепляемого слоя грунта определяется картой подбора состава смеси, разработанной лабораторией и согласованной Заказчиком.

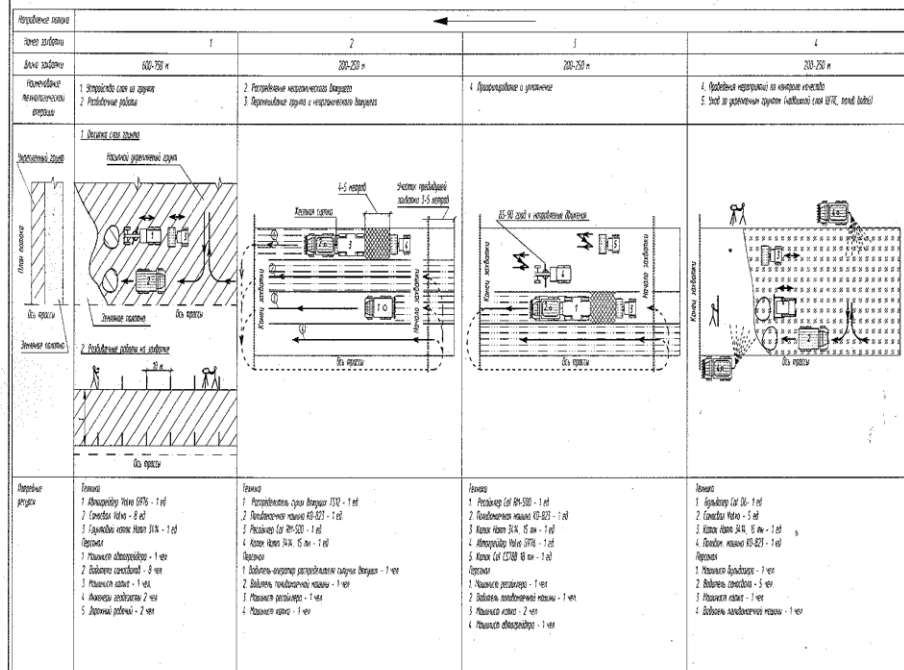
Контроль и выставление дозировки неорганического вяжущего на рабочем органе распределителя производится в начале каждой смены.





ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

на устройство слоя дорожной одежды из грунта, укрепленного неорганическим вяжущим М20 толщиной 30 см



Условные обозначения:

- Разделение работ с учетом уклона
- Разделение работ с учетом уклона
- Разделение работ с учетом уклона
- Разделение работ с учетом уклона

Перемешивание и доведение до однородного состояния слоя грунта и распределенного неорганического вяжущего производится ресайклером за один проход.

Перемешивание слоя грунта и неорганического вяжущего осуществляется с учетом продольных и поперечных уклонов конструкции слоя дорожной одежды в порядке перемещения от низа к верху уклона.

Рабочий ход ресайклинга производится по круговой схеме с переездом от конца к началу захватки по второй половине сооружаемой дороги или временно сооружаемому проезду.

Проходы ресайклера начинаются с перекрытием следа предыдущей захватки на 3-5 метров. При движении на этой дистанции должно быть обеспечено плавное погружение фрезы ресайклера от уровня поверхности на величину толщины укрепляемого слоя грунта. При перемешивании ресайклер должен захватывать ранее приготовленную (смежную) полосу на 8-20 см с обеспечением однородности смеси.

При необходимости, для достижения оптимальной влажности укрепляемого слоя через дозатор ресайклера подается расчетный расход воды, определяемый сотрудниками лаборатории по результатам измерения влажности перед началом работ.



Настройка приборов и оборудования



Геодезические работы и подготовка техники

Для определения оптимальных режимов уплотнения укрепляемого слоя ЩГПС проводят предварительную пробную укатку слоя на опытном участке. При наличии нескольких поставщиков пробная укатка проводится по каждому поставляемому материалу. Результаты пробной укатки оформляются актом пробного уплотнения укаткой и согласовываются Заказчиком.

По результатам исследования качества входящих материалов от различных поставщиков строительной лабораторией производится подбор оптимального состава смеси ЩГПС и неорганического вяжущего для получения проектных показателей характеристик слоя дорожной одежды. Результаты подбора оформляются картой подбора состава ЩГПС обработанной неорганическим вяжущим и согласовываются Заказчиком.



Устройство конструктивного слоя дорожной одежды по типу ДО1 толщиной 25 см из щебеночно-гравийно-песчаной смеси (ЩГПС), укрепленной неорганическим вяжущим, М60, приготовленной методом смешения на дороге, на объекте:

Для проведения работ используют следующие строительные материалы:

щебеночно-гравийно-песчаная смесь 0-40 по ГОСТ 25607-2009 оптимального состава;

неорганическое вяжущее - портландцемент марки ЦЕМ II/A-П 32,5 Н (ГОСТ 22266-2013; ГОСТ 30515-2013)

пленкообразующий материал - битумная эмульсия катионного типа





Технология укрепления слоя ЩГПС неорганическим вяжущим включает следующие операции:

- отсыпка слоя ЩГПС до проектных отметок
- профилирование и прикатка ЩГПС грунтовым катком
- определение естественной влажности ЩГПС на захватке влагомером
- назначение количества воды, подаваемой в камеру ресайклера
- распределение по слою ЩГПС неорганического вяжущего материала;
- смешивание ЩГПС и неорганического вяжущего ресайклером (CAT RM500) ;
- профилирование и уплотнение укрепленного слоя ЩГПС;
- уход за укрепленным слоем ЩГПС.





Укрепление слоя ЩГПС неорганическим вяжущим производится захватками. Основным фактором, определяющим оптимальную величину захватки, является время окончания схватывания неорганического вяжущего после смешения с укрепляемым слоем ЩГПС. Срок схватывания определяется по лабораторным испытаниям каждой партии поставляемого неорганического вяжущего. В зависимости от характеристик поставляемого неорганического вяжущего (портландцемента) время окончания схватывания варьируется в пределах 3-4,5 часов.

При определении величины захватки также учитываются степень естественной влажности ЩГПС, параметры подачи воды в смесительный бункер при заданной скорости рабочего хода ресайклера, температура окружающего воздуха (в жаркий день захватку сокращают по причине более раннего срока схватывания портландцемента).

Средняя длина захватки при укреплении слоев из ЩГПС, укрепленных неорганическим вяжущим, шириной 10-12 метров составляет 200-250 метров. Средняя длина сменной захватки принимается 600-750 метров.





Один раз в смену перед началом работ по распределению неорганического вяжущего сотрудник лаборатории производит замер естественной влажности слоя ЩГПС в пределах сменной захватки экспресс-методом (с применением влагомера М44) и забором пробы ЩГПС отобранной на глубине 1/3 толщины слоя для лабораторного измерения естественной влажности.

По результатам измерения естественной влажности ЩГПС лаборатория определяет необходимое количество воды для затворения смеси ЩГПС и неорганического вяжущего.

Распределение на поверхности неорганического вяжущего осуществляется с применением распределителя сыпучих вяжущих материалов. Количество неорганического вяжущего распределяемого на площадь укрепляемого слоя ЩГПС определяется картой подбора состава смеси, разработанной лабораторией и согласованной Заказчиком.

Контроль и выставление дозировки неорганического вяжущего на рабочем органе распределителя производится в начале каждой смены.





ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

на устройстве слоя дорожной одежды из ЩГПС, укрепленной неорганическим вяжущим, ПКС толщиной 25 см

Крупность состава	1	2	3	4
Время укладки	25-30 м	20-25 м	20-25 м	30-35 м
Время укладки	25-30 м	20-25 м	20-25 м	30-35 м
Наименование технологической операции	1. Укладка слоя ЩГПС 2. Разравнивание	2. Разравнивание неорганического вяжущего 3. Разравнивание ПКС и неорганического вяжущего	4. Прикатывание и разравнивание слоя ЩГПС	3. Контроль качества укладки слоя 4. Слой из укрепленного слоя ЩГПС
Детальное описание	1. Укладка слоя ЩГПС. При укладке слой ЩГПС укладывается на подготовленный слой. 2. Разравнивание слоя ЩГПС. 3. Разравнивание слоя неорганического вяжущего. 4. Разравнивание слоя ПКС.	1. Укладка слоя ЩГПС. При укладке слой ЩГПС укладывается на подготовленный слой. 2. Разравнивание слоя ЩГПС. 3. Разравнивание слоя неорганического вяжущего. 4. Разравнивание слоя ПКС.	1. Укладка слоя ЩГПС. При укладке слой ЩГПС укладывается на подготовленный слой. 2. Разравнивание слоя ЩГПС. 3. Разравнивание слоя неорганического вяжущего. 4. Разравнивание слоя ПКС.	1. Укладка слоя ЩГПС. При укладке слой ЩГПС укладывается на подготовленный слой. 2. Разравнивание слоя ЩГПС. 3. Разравнивание слоя неорганического вяжущего. 4. Разравнивание слоя ПКС.
Детальное описание	1. Укладка слоя ЩГПС. При укладке слой ЩГПС укладывается на подготовленный слой. 2. Разравнивание слоя ЩГПС. 3. Разравнивание слоя неорганического вяжущего. 4. Разравнивание слоя ПКС.	1. Укладка слоя ЩГПС. При укладке слой ЩГПС укладывается на подготовленный слой. 2. Разравнивание слоя ЩГПС. 3. Разравнивание слоя неорганического вяжущего. 4. Разравнивание слоя ПКС.	1. Укладка слоя ЩГПС. При укладке слой ЩГПС укладывается на подготовленный слой. 2. Разравнивание слоя ЩГПС. 3. Разравнивание слоя неорганического вяжущего. 4. Разравнивание слоя ПКС.	1. Укладка слоя ЩГПС. При укладке слой ЩГПС укладывается на подготовленный слой. 2. Разравнивание слоя ЩГПС. 3. Разравнивание слоя неорганического вяжущего. 4. Разравнивание слоя ПКС.

Схема укладки

- ① - Разравнивание слоя неорганического вяжущего
- ② - Укладка слоя ЩГПС
- ③ - Разравнивание слоя ЩГПС
- ④ - Разравнивание слоя ПКС

Перемешивание и доведение до однородного состояния слоя ЩГПС и распределенного неорганического вяжущего производится ресайклером за один проход.

Перемешивание слоя ЩГПС и неорганического вяжущего осуществляется с учетом продольных и поперечных уклонов конструкции слоя дорожной одежды в порядке перемещения от низа к верху уклона.

Рабочий ход ресайклинга производится по круговой схеме с переездом от конца к началу захватки по второй половине сооружаемой дороги или временно сооружаемому проезду.

Проходы ресайклера начинаются с перекрытием следа предыдущей захватки на 3-5 метров. При движении на этой дистанции должно быть обеспечено плавное погружение фрезы ресайклера от уровня поверхности на величину толщины укрепляемого слоя ЩГПС. При перемешивании ресайклер должен захватывать ранее приготовленную (смежную) полосу на 8-20 см с обеспечением однородности смеси.

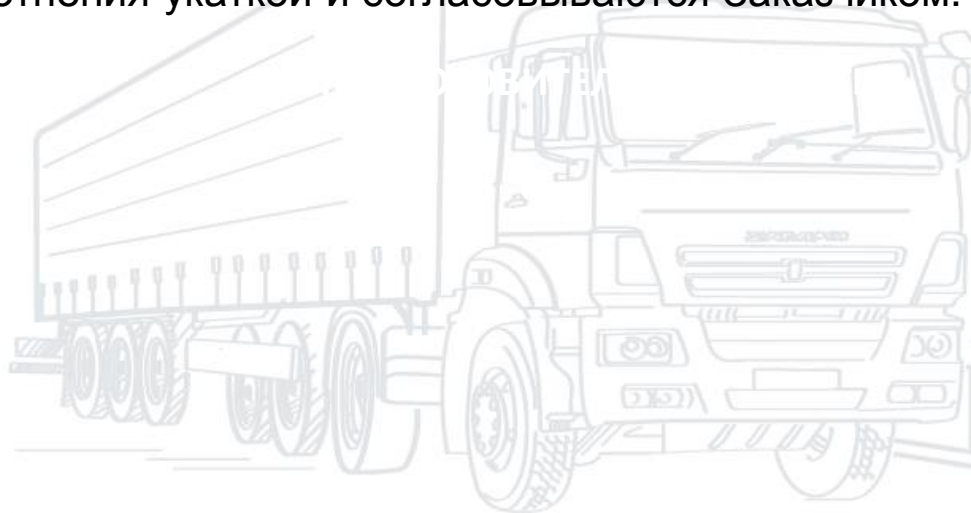
При необходимости, для достижения оптимальной влажности укрепляемого слоя через дозатор ресайклера подается расчетный расход воды, определяемый сотрудниками лаборатории по результатам измерения влажности перед началом работ.



Поверхность укрепленного слоя ЩГПС перед распределением по нему ОМС должна быть очищена от посторонних предметов.

Подбор состава ОМС производится строительной лабораторией в соответствии с ГОСТ 30491-2012 и ГОСТ 12801-98. Рецепт ОМС согласовывается с Заказчиком.

Перед началом работы необходимо провести пробную укладку и уплотнение ОМС с целью отработки режимов укладки и уплотнения, обеспечивающих требуемую ровность и плотность. Результаты пробной укладки и уплотнения оформляются актом пробного уплотнения укаткой и согласовываются Заказчиком.





Устройство конструктивного слоя дорожной одежды по типу ДО1 толщиной 16 см из ОМС, приготовленной на грунтосмесительном заводе:

Для проведения работ используют следующие строительные материалы:

Органоминеральная смесь по ГОСТ 30491-2012;

Пленкообразующий материал - битумная эмульсия катионного типа.



При устройстве конструктивного слоя дорожной одежды из ОМС выполняются следующие работы:

- Разбивочные работы
- Очистка нижнего слоя основания от пыли и грязи
- Подвоз ОМС автосамосвалами и выгрузка ее в бункер асфальтоукладчика
- Укладка ОМС
- Уплотнение слоя ОМС





ОМС готовится на мобильной грунтосмесительной установке Euro 4 MIX/МС оптимальной производительностью 200 т/час.

С учетом производительности грунтосмесительной установки и выбранной технологической схемы укладки, длина сменной захватки, при устройстве ОМС шириной 10-11 метров, толщиной 16 см составит 400 метров.

Сменная захватка делится на внутрисменные захватки длиной по 200 метров.

Укладка слоя из ОМС осуществляется с применением асфальтоукладчика оборудованного автоматической системой задания вертикальных отметок.

Для обеспечения работы асфальтоукладчика в автоматическом режиме на сменной захватке устанавливается копирная струна. По оси через 10 метров устанавливают разбивочные кольца с высотниками. Высотники выставляются под нивелир на необходимую отметку.

Прибор асфальтоукладчика обнуляется там, где толщина слоя 0 см. При движении прибор копирует струну. С увеличением высотной отметки увеличивается толщина слоя, при уменьшении-уменьшается.





Скорость асфальтоукладчика является основным фактором, влияющим на величину угла атаки выглаживающей плиты асфальтоукладчика, очень важно в процессе работы поддерживать скорость асфальтоукладчика постоянной 3-4 м/мин.

Укладка ОМС производится одним слоем. Укладка слоя производится полосами шириной 3-5 м. Продольный стык между полосами смачивается водой из поливочной машины из расчета 2-3 л/пог.м. Длину одного прохода рекомендуется назначать не более 200 метров, с последующим переходом на устройство соседней полосы.

Главным фактором получения слоя основания постоянной толщины является поддержание стабильного давления материала на выглаживающую плиту.

Масса материала, поданного к выглаживающей плите, должна заполнять шнековую камеру до оси вала шнека.

Не допускается частое изменение толщины укладываемого слоя.

После регулировки толщины укладываемого слоя при ручном режиме уплотнения, асфальтоукладчик должен будет пройти расстояние, равное пяти длинам тягового бруса, прежде чем выглаживающая плита совершит соответствующее вертикальное перемещение для формирования слоя требуемой толщины.





Уплотнение уложенного слоя ОМС следует начинать после распределения ее на участке не менее 20-30 см. Оптимальная длина захватки для уплотнения рекомендуется 50-60 м. Для обеспечения требуемых показателей плотности, ровности и поперечных уклонов, уложенный слой ОМС следует начинать уплотнять со стороны обочины. При этом первый проход должен производиться таким образом, чтобы вальцы катка не доходили до края распределенного слоя на 10-15 см. Перекрытие каждого следа при последующем проходе 20-30 см.

В процессе уплотнения первой полосы вальцы катка не должны приближаться более чем на 25-30 см к кромке сопряжения со второй полосой. Сопряжение полос должно быть ровным и плотным.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

НА УСТРОЙСТВО КОНСТРУКТИВНОГО СЛОЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ СМЕСИ НА ЗАХВАТКЕ

№ этапа проведения работ	1	2	3
Последовательность технологических операций	1. Геодезические разбивочные работы 2. Установка копирной струны	3. Подвоз органоминеральной смеси автосамосвалами и выгрузка ее в бункер асфальтоукладчика 4. Укладка органоминеральной смеси 5. Уплотнение уложенного слоя катками	6. Нанесение пленкообразующего состава
Длина захватки, м	200м	200м	200м
Направление потока			
Слой жерепл. гравта			
Слой жерепл. ШПТС			
Органоминеральный слой			
Ось трассы			
Средства механизации	1. Автосамосвалы Volvo FM TRUCK 6x4 - 11 ед. 2. Асфальтоукладчик Volvo ABG7820B - 1 ед. 3. Самоходный комбинированный каток Дунпарас CC224 CHF - 1 ед. 4. Самоходный каток ДУНАРАС CC224 HF - 1 ед. 5. Самоходный каток ДУНАРАС CC424 HF - 1 ед. 6. Автогидранатор РГ-7 - 1 ед. 7. Поливомоечная машина ЗД-405 - 1 ед.		

**Контроль качества устройства конструктивных слоев дорожной одежды**

Входной контроль вяжущих и воды осуществляется лабораторией перед началом работ, а также при изменении качества используемых материалов.

Для грунта определяют физико-механические свойства (по ГОСТ 5180-84).

Для ЩГПС определяют зерновой состав (по ГОСТ 25607-2009), естественную влажность (по ГОСТ 5180-84).

Для ОМС определяют зерновой состав ЩПС перед приготовлением ОМС (по ГОСТ 8267-93), физико-механические свойства (по ГОСТ 30194-2012).

При изменении карьера-производителя производят корректировку состава смеси и неорганического вяжущего.

При операционном контроле проверяют:

- точность дозирования воды и вяжущих (воды - $\pm 1\%$; вяжущего - $\pm 3\%$)
- влажность исходного материала (лабораторный контроль);
- количество проходов катка по одному следу, обеспечивающих требуемую плотность (определяют при пробном уплотнении);
- плотность и динамический модуль упругости укрепленного слоя дорожной одежды (с использованием электронного динамического плотномера ZORN ZFG 3.0.);
- отметки по кромкам слоя, ровность, ширина и толщина слоя в соответствии с СП78.13330.2012.
- качество продольных и поперечных сопряжений (визуально)
- марку по прочности слоя дорожной одежды и неорганического вяжущего в укрепленном слое.



- Статический штамп используется для определения модуля упругости слоев из несвязных материалов согласно DIN 18134 • BS 1377 • ASTM D 1194 / 1195 1196, для определения деформируемой и несущей способности грунтов по ОДМ 218.5.007-2016



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !