



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ДГТУ)**

Факультет «Дорожно-транспортный»

Кафедра «Автомобильные дороги»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к выполнению практических занятий  
для магистров очной и заочной форм обучения  
направления 08.04.01. Строительство  
по дисциплине  
**«Ресурсосберегающие технологии в дорожном строительстве»**

Ростов-на-Дону  
2021

Составители: С.А. Чернов, К.Д. Голюбин, Е.А. Еременко  
Ресурсосберегающие технологии в дорожном строительстве: метод. указания. –  
Ростов-на-Дону : Донской гос. техн. ун-т, 2021. – 31 с.

Методические указания содержат информацию необходимую для выполнения практических работ по дисциплине «Ресурсосберегающие технологии в дорожном строительстве». Предназначены для обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство» по программам «Автомобильные дороги» и «Проектирование, строительство автомагистралей и управление их состоянием».

Рассмотрены на заседании кафедры «Автомобильные дороги»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Д.А. Николенко, « 30 » сентября 2021 г.

Утверждены:

Д-р. техн. наук, проф. Матуа В.П. \_\_\_\_\_

К.т.н., доцент Аннабердиев А. Х-М. \_\_\_\_\_

## **Оглавление:**

1. Занятие №1 Обзор ресурсосберегающих технологий в дорожном строительстве.....	4
2. Занятие №2 Нестандартные методы диагностики контроля качества дорожных работ.....	5
3. Занятие №3 Расчет экономической эффективности применения ресурсосберегающих технологий.....	11
4. Занятие №4 Разработка технологических карт на строительство земляного полотна с использованием современных материалов и средств механизации.....	14
5. Занятие №5 Разработка технологических карт на капитальный ремонт дорожной одежды с использованием современных материалов и средств механизации.....	24

## Практическое занятие 1

### Обзор ресурсосберегающих технологий в дорожном строительстве

В настоящее время строительство, строительство и ремонт дорог является вопросом стратегического значения. В современных условиях применение новейших методик и инноваций диктует стремление снизить издержки, как на само строительство, так и на последующее содержание автодорог.

Вопросами строительства и реконструкции дорог занимаются крупнейшие ВУЗы страны. Так как стране нужны современные дорожные комплексы, при возведении которых требуется использование инновационных технологий. Также широко применяется в дорожном строительстве технология вспенивания битумов при изготовлении асфальтобетонных смесей. Для этого используется оборудование гудронатора/автогудронатора со встроенной внутренней мешалкой.

Широко внедряются в дорожном строительстве современные технологии: шероховатой поверхностной обработки (ШПО) с синхронным распределением вяжущего и щебня "Чип-Сил" битумощебнераспределителем, технология устройства слоев износа из литой эмульсионно-минеральной смеси. Для этих технологий разработаны специальные катионные битумные и битумно-полдимерные эмульсии. Объемы устройства ШПО по технологии "Чип-Сил" составляют 200–220 км/год. Устройство слоев износа автодорог по технологии "Сларри-Сил" составляет до 100 км/год. Эти технологии продлевают срок службы покрытий автодорог в 1,5–1,7 раза и эффективны по производительности и качеству отремонтированного дорожного покрытия. Использование технологии "Чип-Сил" с применением битумощебнераспределителя превышает технологию "Сларри-Сил" в два раза. Битумощебнераспределитель – это целый комплекс состоящий из гудронатора и щебнераспределителя. Битумощебнераспределители можно разделить на два вида по возможности использования материалов. Битумощебнераспределитель Российского производства (из-за конструктивных особенностей) может работать почти с любыми материалами: черный щебень (обработанный щебень) или белый щебень (мытый щебень); битум или битумная эмульсия. При этом, не внося значительных изменений в конструкцию битумощебнераспределителя после ввода в эксплуатацию. Но данная особенность не позволяет применения полной автоматизации в работе комплекса. Битумощебнераспределители импортного производства позволяют работать только с белым кубовидным щебнем и битумной эмульсией или битумом, что изначально закладывается при производстве комплекса. Большинство битумощебнераспределителей,

импортного производства, оснащены автоматикой. Автоматика позволяет почти на 100 % автоматизировать работу битумощебнераспределителя на объекте строительства, что влияет на скорость и стоимость работ.

Ресайклинг - это распространенный метод, при котором для строительства новых дорог на месте повторно перерабатывается старое дорожное покрытие, состоящее в основном из поверхностных, связующих и несвязанных несущих слоев. При этом вся существующая конструкция дороги, включая несвязный несущий слой, снимается при помощи ресайклера. Измельченный таким образом материал смешивается на месте ("in-place") с цементом или битумом и повторно используется в качестве нового, связанного несущего слоя. Поверхностная обработка или поверхностный слой создают необходимую защиту от износа, герметичность и шероховатость. Ресайклинг – это передовая технология, которая является экономически выгодной в строительстве новых и ремонте старых дорог.

## **Практическое занятие 2**

### **Нестандартные методы диагностики контроля качества дорожных работ**

**диагностика автомобильных дорог:** Обследование, сбор и анализ информации о параметрах, характеристиках и условиях функционирования дорог и дорожных сооружений, наличии дефектов и причин их появления, характеристиках транспортных потоков и другой необходимой информации для оценки и прогноза состояния дорог и дорожных сооружений в процессе их дальнейшей эксплуатации.

#### **Оценка состояния дорожных покрытий**

Выполнение работ по оценке состояния дорожного покрытия включает следующие основные этапы:

- подготовительные работы;
- полевые обследования;
- камеральная обработка полученной информации;
- актуализация АБДД.

Подготовительные работы являются основополагающим этапом по выполнению всех мероприятий, направленных на эффективное обеспечение работ по оценке состояния покрытия дорог и включают:

- подготовку передвижной дорожной лаборатории;
- подготовку необходимых приборов и оборудования;
- комплектование групп по выполнению работ;
- подготовку журнала (в свободной форме) для выполнения записей в ходе работ;
- подготовку банка данных, характеризующего обследуемую дорогу;

- результаты анализа проектной и исполнительной документации обследуемой автомобильной дороги.

На этапе подготовительных работ разрабатывается порядок проведения полевых работ, связанных с оценкой состояния покрытия дороги, который должен быть согласован с соответствующим органом управления дорожным хозяйством.

На этапе подготовительных работ выполняют также:

- обучение участников работ по пользованию методикой ВКС;
- обеспечение исправности автомобиля и оборудования;
- установку на автомобиле дорожных знаков «Дорожные работы» и «Объезд препятствия слева»;
- проведение инструктажа группы по проведению работ, обращая особое внимание на обеспечение их безопасности.

Полевые работы являются последующим этапом работ по оценке состояния покрытия дорог и включают обследование состояния дорожного покрытия в процессе движения дорожной лаборатории, оборудованной системой ВКС (приложение В).

Полевые работы проводят, как правило, в теплый период года и в светлое время суток.

Выполнение работ в период выпадения осадков не рекомендуется.

В процессе полевых работ производится сбор данных

Требования к передвижной дорожной лаборатории

Дорожная лаборатория ВКС должна обеспечивать регистрацию состояния дорожного покрытия на скорости движения до 60 км/час с разрешающей способностью не менее 5 мм в полосе сбора информации от 5 до 20 м и относительной погрешностью измерения перемещения не более 0,1%.

Технические характеристики системы ВКС:

Технические характеристики системы видео- компьютерного сканирования

A.1 Масса снаряженной лаборатории с учетом обслуживающего персонала - не более 2600 кг.

A.2 Габаритные размеры, мм:

- в транспортном режиме - 5500x2080x2500,
- в режиме проведения измерений ВКС - 5500x2080x3700.

A.3 Максимальная скорость движения в режиме проведения измерений ВКС - не более 60 км/ч.

A.4 Технические характеристики ВКС:

- частотная характеристика сканирующей системы - 2kHz;
- линейная чувствительность - 2,5мм ... 10мм;
- полоса сбора информации - 5000мм ... 20000мм;

- количество чувствительных элементов - 2048шт;
- соотношение полоса/элемент - 2,44мм ... 9,77мм;
- задающий тракт, импульсов на 1000 мм пути - 1kHz;
- делители частоты сбора информации - x1, x2, x4;
- относительная погрешность измерений - 0,13% на 1км;
- ресурсоемкость без смены носителя - не менее 1000км.

Состав передвижной дорожной лаборатории ВКС:

Состав передвижной дорожной лаборатории видео- компьютерного сканирования

Структурная схема дорожной лаборатории ВКС показана на рисунке 1, а состав и размещение аппаратуры в автомобиле приведены на рисунке 2

Дорожная лаборатория должна быть укомплектована:

- комплектом водительского инструмента;
- противооткатным устройством (башмаком);
- фонарем проблесковым (желтым);
- дорожными знаками;
- огнетушителем (2шт);
- аптечкой.

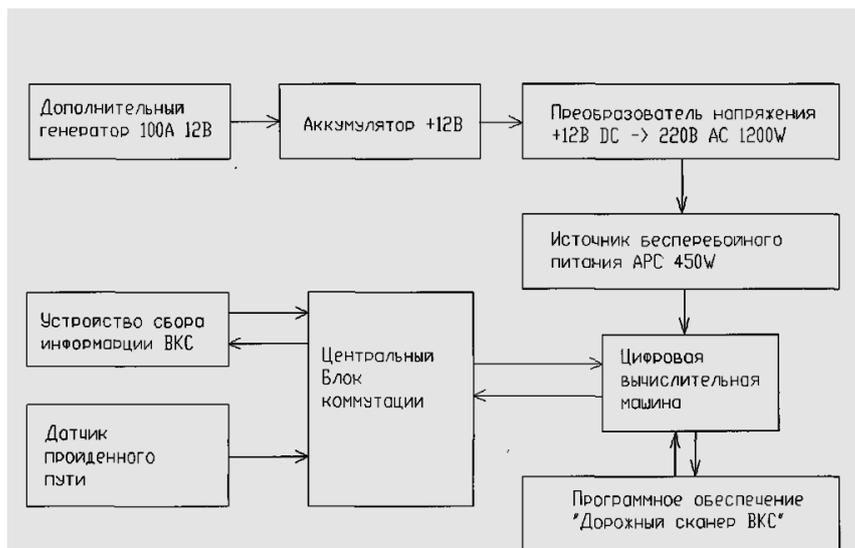
При проведении работ по ВКС дорожная лаборатория должна двигаться с рабочей скоростью 60 км/час.

При проведении работ допускается движение лаборатории и с меньшей скоростью.

Параметры сканирования устанавливаются в соответствии с требованиями инструкции по эксплуатации дорожного сканера.

Порядок выполнения работ средствами ВКС следующий:

- установка оборудования в рабочее положение;
- движение со скоростью транспортного потока, с перестроением в заданную полосу;
- плавное изменение скорости до рабочей (60 км/час);
- проведение видео компьютерного сканирования;



-по окончании сканирования изменение скорости до скорости транспортного потока;

- движение со скоростью транспортного потока до места остановки.

В процессе проведения ВКС лаборатория должна

пределах полосы движения, определенной в задании на проведение ВКС.

Перестроение, выезд на соседнюю полосу допускается только в случае наличия помех движению, требующих объезда. Дистанция движения должна быть не менее 50 метров от впереди идущего транспортного средства.

База данных может включать в себя графический файл изображения элемента, который может быть выведен на экран монитора или на печать.

Порядок проведения камеральной оценки состояния покрытия

Покрывание дороги делят на однотипные участки длиной от 100 до 1000 м, границы которых назначают по однотипным или близким дефектам. Внутри каждого участка определяют частные микроучастки с практически одинаковым состоянием дорожной одежды (с однотипными видами дефектов) длиной от 20 до 50 м.

На каждом однотипном участке в камеральных условиях вычисляют средневзвешенный балл  $B_{cp}$  по формуле (1)

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \times l_i}{\sum_{i=1}^n l_i} = \frac{B_1 \times l_1 + B_2 \times l_2 + \dots + B_n \times l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}, \quad (1)$$

где  $B_i$  и  $l_i$  - соответствующие балл и протяженность  $i$ -х частных микроучастков с практически одинаковым состоянием дорожной одежды в баллах;

$n$  - количество частных микроучастков в составе однотипного участка.

По результатам камеральной обработки в соответствии с заданием составляются:

- дефектная ведомость состояния дорожной одежды

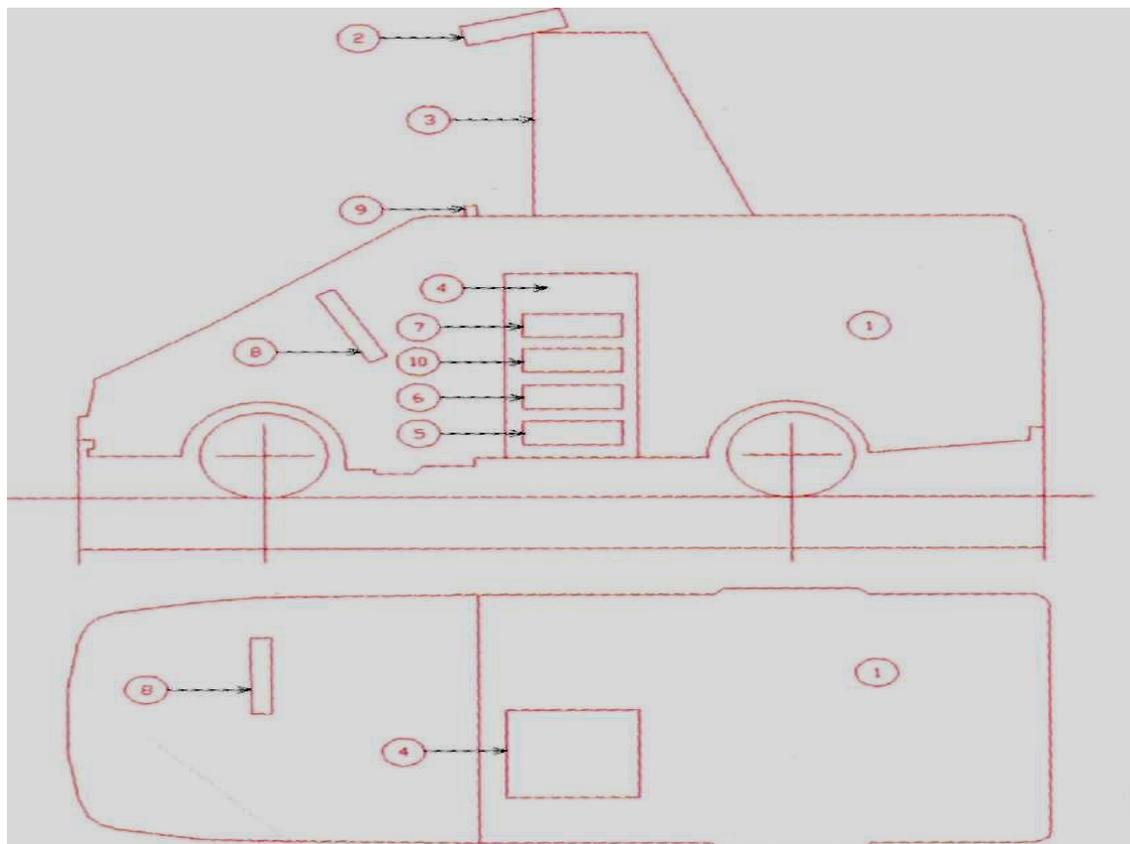


Рисунок 2 - Схема размещения аппаратуры в передвижной дорожной лаборатории

1- автомобиль, 2- система сбора информации ВКС, 3 - мачта,  
4- стойка для монтажа оборудования, 5 - преобразователь напряжения,  
6 - источник бесперебойного питания, 7 - цифровая вычислительная  
машина, 8 - монитор оператора, 9 - маяк проблесковый желтый,  
10 - центральный блок коммутации

### Практическое занятие 3

#### Расчет экономической эффективности применения ресурсосберегающих технологий

Расчеты сравнительной экономической эффективности выполняются: по отдельным вариантам хозяйственных и технических решений при выборе строительных конструкций, взаимозаменяемых материалов, образцов и комплектов машин, методов организации и технологии производства; при внедрении объектов новой техники и т.п.

Выбор вариантов производится по минимуму затрат, приведенных к текущим издержкам  $\Pi_i$  с учетом сопряженных затрат и получаемого эффекта в смежных производствах, а также фактора времени по формуле

$$\Pi_i = C_i + E_n K_i = \min,$$

где  $C_i$  - текущие издержки производства (себестоимость строительно-монтажных работ; заводская себестоимость продукции);

$K_i$  - единовременные затраты по сравниваемым вариантам;

$E_n$  - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности. Обратная величина коэффициента сравнительной экономической эффективности называется сроком окупаемости  $T$ .

При оценке отдельных мероприятий наряду с расчетом приведенных затрат определяется также коэффициент общей экономической эффективности по формуле

Нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности в строительстве  $E_c$  установлен в размере 0,12, а для районов Крайнего Севера и местностей, приравненных к ним, - в размере 0,08.

Для других отраслей народного хозяйства нормативный коэффициент имеет различные значения.

Слагаемые формулы могут приниматься как в абсолютных значениях (на объект, на год), так и в удельных (единичных) значениях, т.е. отнесенными на измеритель выполняемых строительно-монтажных работ или продукции промышленного производства с последующим умножением на соответствующий объем работ или продукции.

При существенной разнице в объемах работ (продукции) сравниваемых вариантов удельное значение себестоимости исходного варианта может быть уточнено в основном за счет возможного изменения составляющей по накладным расходам.

При определении сравнительной экономической эффективности в качестве эталона принимается:

а) на стадии создания образцов новой техники - лучшая применяемая, разработанная в проектах или испытанная отечественная или зарубежная техника;

б) на стадии применения существующей техники в строительстве - заменяемая техника.

Варианты должны быть приведены в сопоставимый вид по объемам работ, производительности машин, ценам, тарифам и другим нормативам, а также по времени получения эффекта, долговечности и показателям качества продукции.

Стоимость конструкций, материалов, механизации работ, транспорта, энергии, затраты труда, а также время, потребное для возведения зданий и сооружений, должны быть вычислены и приняты для сравниваемых вариантов в одинаковых измерителях.

При разных объемах работ (продукции) приведение в сопоставимый вид производится пересчетом суммы капитальных вложений и трудовых затрат варианта с меньшим объемом до уровня варианта с большим объемом.

При существенной разнице в объемах работ (продукции) вносится поправка в себестоимость с учетом пропорционального изменения условно-постоянной части текущих затрат

Кроме экономического преимущества определяется также экономический результат от применения предлагаемого варианта как разность приведенных затрат.

Экономический результат характеризует масштаб получаемой экономии и используется при выборе вариантов проектных решений, оценке планов внедрения технических средств, в расчетах эффекта от организационно-технических мероприятий и др.

Для определения экономической эффективности вариантов капитальных вложений и технических решений применяется система основных экономических, дополнительных технико-экономических и качественных показателей.

Основными экономическими показателями, используемыми при расчетах эффективности, являются:

единовременные затраты (прямые и сопряженные капитальные вложения на строительство и реконструкцию предприятий, на возведение сооружений; вложения на приобретение машин и оборудования, на создание производственной базы строительства, а также вложения в оборотные фонды);

текущие или эксплуатационные расходы (себестоимость производства продукции, механизированных работ) с учетом задания по росту производительности труда;

продолжительность строительства или выполнения механизированного комплекса работ.

#### **Практическое занятие 4**

**Разработка технологических карт на строительство земляного полотна с использованием современных материалов и средств механизации**

##### **ПЛАН**

1. Ремонт откосов земляного полотна
2. Ремонт обочин
3. Ремонт пучинистых участков

##### **1. Ремонт откосов земляного полотна**

**Методы ремонта откосов** выбирают в зависимости от характера деформаций, вида и состояния грунтов, инженерно-геологических, гидрологических и погодных-климатических условий района.

При нарушении местной устойчивости неукрепленных откосов выполняют профилирование их поверхности и укрепление.

Для защиты неподтопляемых или кратковременно подтопляемых откосов от водной и ветровой эрозии, для ликвидации и предотвращения оплывов и других мелких разрушений насыпи выполняют укрепление откосов посевом трав, а также их одерновку.

На подтапливаемых откосах с невысокими скоростями потока и малой высотой подтопления возможно биологическое укрепление в виде посадки кустарника.

В более сложных гидрологических условиях традиционно укрепляют откосы монолитным бетоном, бетонными плитами, бетонными решетками и т. п.

Однако, как показывает практика, такие способы не обеспечивают надежной и длительной защиты сооружений от разрушительного воздействия природных факторов - водной и ветровой эрозии, кроме того, с эстетической точки зрения не соответствуют современным требованиям.

А потому, в настоящее время широкое распространение получили инновационные технологии:

- георешетки;
- геоматы;
- система Зеленый Террамеш

### ГЕОРЕШЕТКИ

Георешетка – объемная сотовая конструкция из полимерных или синтетических лент, скрепленных между собой в шахматном порядке. В рабочем состоянии образует модульную ячеистую конструкцию.

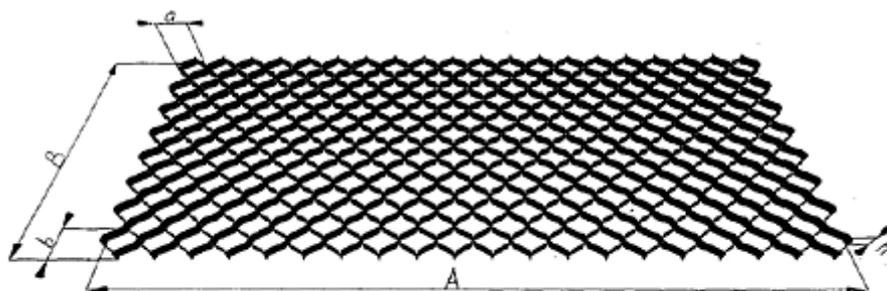


Рис. 1. Общий вид георешетки в рабочем (развернутом) состоянии.

Крепление геокаркаса на поверхности откоса осуществляется с помощью Г-образных нагелей длиной 70-110 см (рис. 2), изготовленных из арматуры 10-12 мм, или с помощью пластмассовых анкерных крюков.

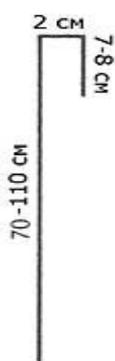


Рис. 2. Монтажный нагель.

В качестве заполнителя ячеек применяется растительный грунт или торфо-песчаная смесь, с последующим посевом семян многолетних трав. В зоне водоотводного лотка ячейки должны быть заполнены щебнем или бетоном (рис.3).

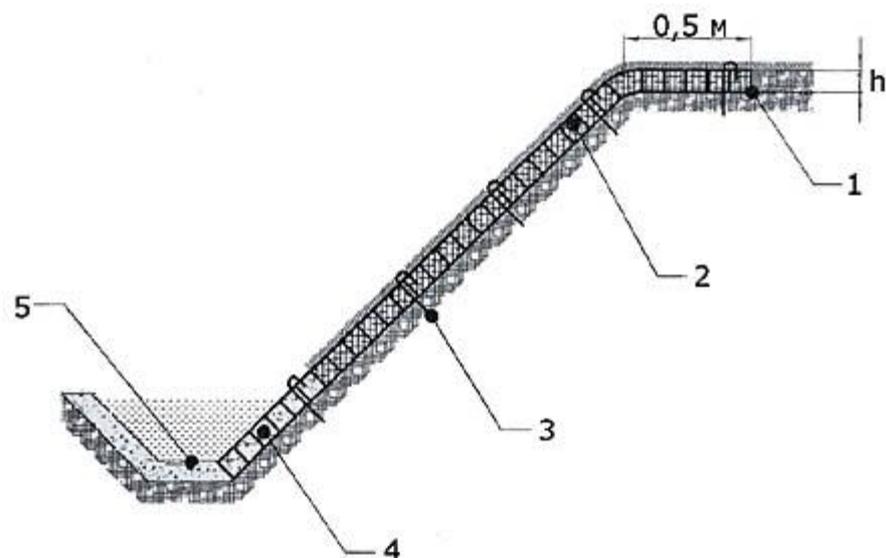


Рис. 3. Конструкция укрепления откоса (вариант А).

1 – Геокаркас; 2 – растительный грунт;  
3 - нагель; 4 - бетон или щебень; 5 - водоотводной лоток.

На наиболее критичных участках, для повышения общей устойчивости откоса, могут быть установлены габионные конструкции или бетонный упор у основания (рис. 4)

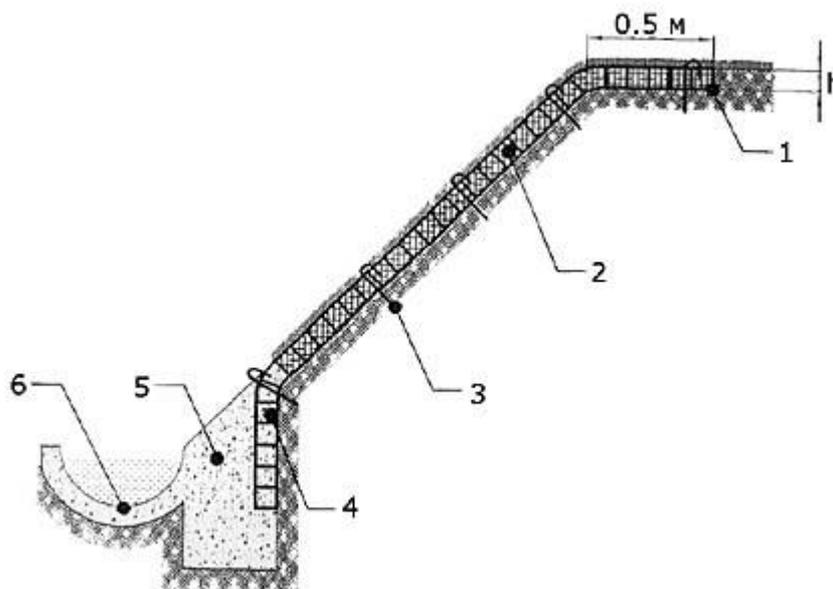


Рис. 4. Конструкция укрепления откоса (вариант Б).

1 - Геокаркас; 2 - растительный грунт;  
3 - нагель; 4 - бетон; 5 - бетонный упор; 6 - водоотводной лоток.

#### **Технология выполнения работ:**

1. Планировка поверхности откоса, с использованием механизмов или ручного инструмента: лопаты, скребки - гладилки и т.д.

2. Если откос отсыпной, производится уплотнение верхнего слоя, с помощью ручного катка или виброплиты.

3. Модули геокаркаса разворачиваются и фиксируются по периметру. В верхней части откоса георешетка должна выходить на горизонтальную поверхность (минимально на 0,5 м от бровки) и заглубляться относительно верхней нулевой отметки на величину  $h$  (рис. 3, 4).

4. Затем, каждый модуль геокаркаса фиксируется нагелями. Соединение соседних модулей производится с помощью пневмостеплера или за счет анкеровки их общими нагелями.

### ГЕОМАТЫ

Рулонный материал. Представляет собой трехмерную панель из волокон полипропилена – ворсистый коврик из полипропиленовых нитей диаметром 0,65 мм. (рис.5).



Рис.5 Геомат

Благодаря ворсистой лицевой поверхности и значительному количеству пустот (более 90%) аккумулирует на себе частички грунта и препятствует эрозии поверхностного слоя почвы. Аккумуляция частиц грунта способствует росту растительности, прорастающей сквозь него, что придает укрепленному откосу естественный вид (рис. 6).

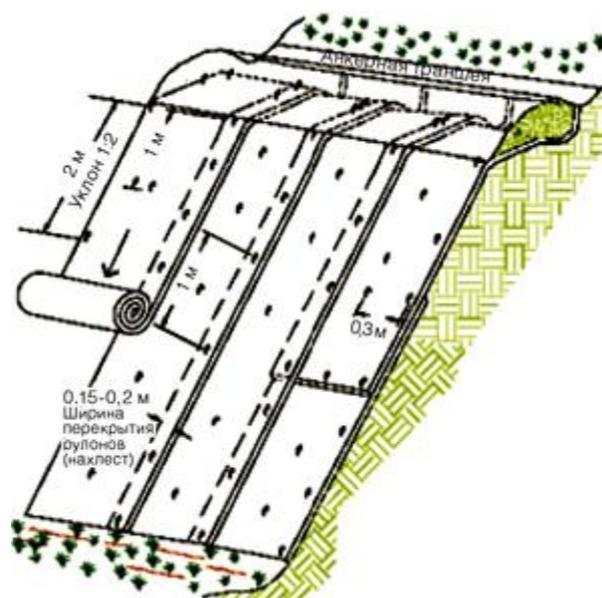


Рис.6 Расположение материала на откосе

## БИОМАТЫ

**Биомат** - полотно из растительных волокон (соломы, кокосового волокна или их смеси), укрепленных полипропиленовой или джутовой нитью.



Одним из неоспоримых преимуществ **биомата** является быстрое и эффективное озеленение укрепляемого участка.

Практика показывает, что полное озеленение территории наступает в среднем в течение 2 месяцев.

**Биоматы** производятся и поставляются в рулонах, что обеспечивает лёгкость укладки материала: достаточно раскатать рулон по склону с перекрытием соседних слоёв, закрепить **биомат** специальными деревянными колышками с определённым шагом, а также при необходимости засеять семенами.

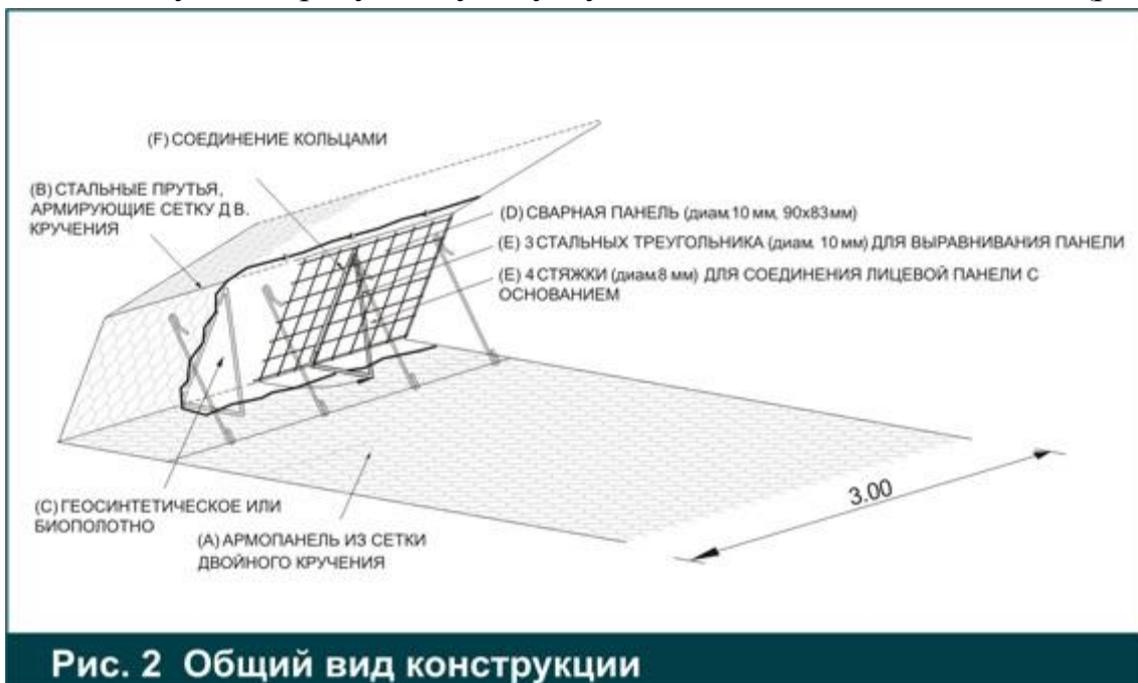
## СИСТЕМА ЗЕЛЕНЬ ТЕРРАМЕШ

**Система Зеленый Террамеш** - это экологическая модульная система **армирования грунта**, используемая для крепления неустойчивых массивов грунта склонов и откосов насыпей с озеленением поверхностей (рис.1).

При формировании конструкций модули **Системы Зеленый Террамеш** располагаются горизонтальными слоями. Шаг армирования определяется в соответствии с проектом для обеспечения устойчивости массива грунта.



Модули **Системы Зелёный Террамеш** являются сборными конструкциями, состоящими из сетки, изготавливаемой из проволоки двойного кручения, геосинтетического или биоразлагаемого полотна, сварной армопанели и двух стальных ребер жесткости, форма которых соответствует требуемому углу наклона  $50^{\circ}$ - $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$  (рис. 2).



С внутренней стороны внешней грани модуля **Системы Зелёный Террамеш** крепятся геосинтетическое или биоразлагаемое полотно, армопанель и стальные ребра жесткости. Геосинтетическое или биополотно укрепляет грунт обратной засыпки и создает идеальные условия для скорейшего восстановления растительного покрова.

Наиболее важными характеристиками модульных **Систем Зеленый Террамеш** являются следующие: экологичность, прочность конструкции и экономичность.

### **ГАБИОНЫ**

Благодаря своим уникальным свойствам габионные конструкции не только успешно конкурируют с бетонными и железобетонными, но и успешно заменяют их.

По завершении консолидации габионное сооружение приобретает максимальную прочность и устойчивость. На этом этапе основные расчетные нагрузки уже не играют никакой роли, а габионная конструкция становится частью общего ландшафта.

Пористая структура габиона придает сооружениям великолепные дренажные свойства, что исключает возможность возникновения одного из основных факторов нестабильности конструкций – гидростатических нагрузок. Высокие дренажные свойства габионов позволяют в большинстве случаев строить подпорные стены без сопутствующего застенного дренажа, что способствует удешевлению конструкции, а её водопроницаемость создает идеальные условия для появления растительности, повышая с годами эффективность сооружения.

Благодаря тому, что габионные конструкции не препятствуют росту растительности, они сливаются с окружающей средой, представляя собой естественные строительные блоки для восстановления, оздоровления и украшения ландшафтов.

### **2. Ремонт обочин**

Неукрепленные обочины могут явиться не только источником значительного числа ДТП, но и причиной неудовлетворительной работы земляного полотна.

Наличие на обочинах выбоин и колеи создает условия для застоя и беспрепятственного проникания воды в тело насыпи. Это вызывает значительное переувлажнение грунтов и, как следствие, снижение их прочностных характеристик.

Итак, если ДЭС достались в наследство неукрепленные обочины, то наша с вами первейшая обязанность – исправить этот недостаток!!!

Исследования ГИПРОДОРНИИ показывают, что влажность земляного полотна на участках с неукрепленными обочинами выше на 30-35% по сравнению с участками дорог с укрепленными обочинами. Это – **во-первых!!!**

**Во-вторых**, вследствие роста интенсивности и скорости движения увеличивается число наездов автомобилей на обочины.

При отсутствии на обочинах должного укрепления – это ухудшает их состояние и приводит к разрушению.

Однако толщина слоев укрепления часто назначается на основании приближенных соображений или типовых решений. Это приводит к тому, что укрепленный слой на обочинах, выполненный без расчета, часто имеет либо недостаточную, либо избыточную прочность.

При недостаточной прочности – быстро образуются деформации и разрушения.

При избыточной – расходуется избыточное количество материала.

Чтобы избежать этого, обочины необходимо рассчитывать также, как и дорожную одежду, исходя из реальных условий нагружения.

Расчет укрепления обочин представлен в ОДН 218.3.039-2003 «Укрепление обочин автомобильных дорог»

### Экспресс-расчет обочин.

Прежде, чем приступить к расчету, следует ознакомиться с исследованиями ГИПРОДОРНИИ.

Установлено, что зона I = 0,75 м, примыкающая к проезжей части, подвергается наезду, в основном, проходящими автомобилями, а зона II = 2 м, подвергается нагружению автомобилями, делающими остановку.

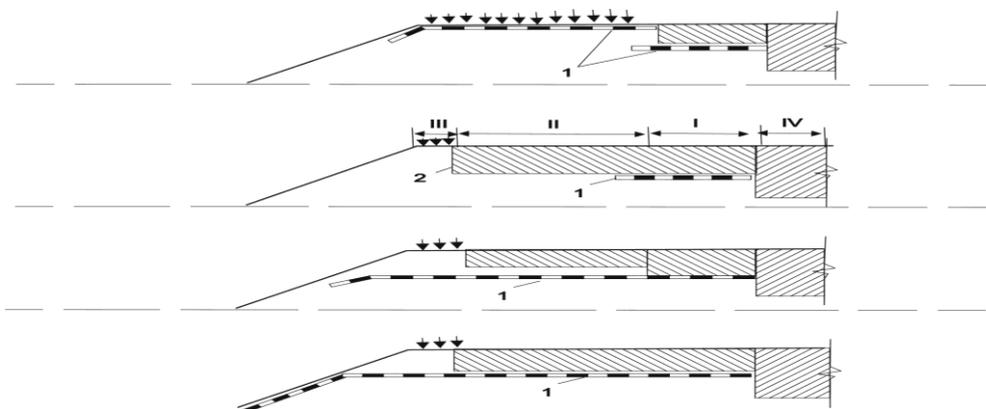


Рис.8. Решения по укреплению обочин:

I—IV — соответственно краевая укрепительная полоса, остановочная полоса, приобочная часть обочины, проезжая часть дороги; 1 — прослойка из геоматериала; 2 — слой укрепления обочины

Следовательно, толщина слоя укрепления по ширине обочины не должна быть одинаковой.

- для зоны I: 
$$E_{тр} = (\pi r / 2\lambda) K;$$

- для зоны II:  $E_{тр} = \pi p / 2\lambda$ .

$p$  – удельное давление от колеса автомобиля;

$\lambda$  – расчетная относительная осадка:

Характеристика материала покрытия	$\lambda$	
	расчетная	относительная осадка
Цементобетон, щебень (гравий), обработанный цементом	0,025	
Асфальтобетон, щебень (гравий), обработанный битумом	0,04	
Несвязные материалы (щебень гравий)	0,045	

$K$  – коэффициент, учитывающий повторность наезда

$$K = 0,5 + 0,65 \lg N_n \gamma_n$$

$N_n$  – приведенное количество автомобилей, наезжающих на I зону обочин.

$$N_n = 0,6 N$$

$\gamma_n$  – коэффициент равномерности наезда на обочину:

Интенсивность движения, авт/сут	$\gamma_n$ коэффициент равномерности наезда на обочину	
	$B_{пч} = 7,0$ м	$B_{пч} = 7,5$ м
2000 – 5000	0,4	0,35
5000 – 7000	0,5	0,4
7000 – 9000	0,6	0,5
9000 – 12000	0,7	0,6
> 12000	0,75	0,65

По формулам определяют требуемое значение модулей упругости, с учетом имеющихся материалов, определяют толщину слоя укрепления для I и II зон обочин.

При проведении работ по укреплению обочин следует помнить следующие правила:

- Обочины не следует укреплять до самой бровки, т.к. это не позволяет уплотнить уложенный слой укрепления, что приведет к быстрому его разрушению.

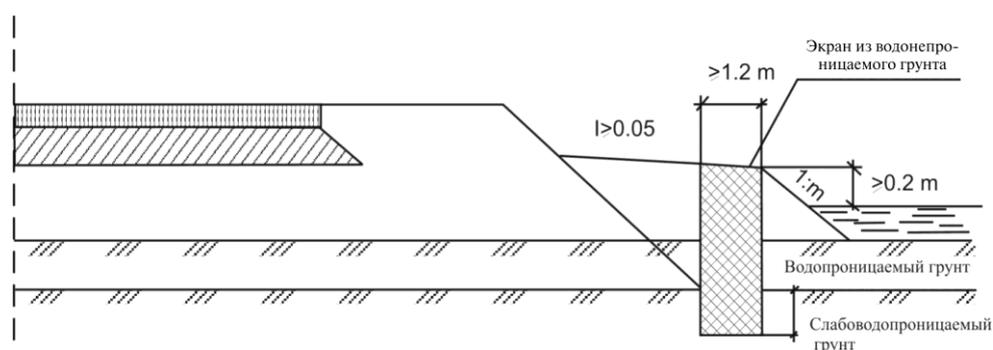
Граница укрепления не должна доходить до бровки на 0,5 м.

- Уклон обочин, укрепленных связными материалами должны быть не более 40‰, а несвязными – не более 60‰.
- Обочина за пределами укрепления должна быть одернована или укреплена посевом трав.
- Учитывая, что обочины подвергаются наезду автомобилей, целесообразно устройство на них поверхностной обработки. Однако такое решение необходимо подтвердить технико-экономическим расчетом.

### **3. Ремонт пучинистых участков**

При ремонте земляного полотна, в первую очередь, необходимо устранить все причины, порождающие пучинообразование:

- понижают уровень ГВ устройством дренажа;
- выполняют ремонт покрытия;
- выполняют укрепление обочин связными материалами;
- на участках местности с необеспеченным поверхностным стоком устраивают экраны из водонепроницаемого грунта.



Устройство экрана из водонепроницаемого грунта

Величина заглубления экрана зависит от числа пластичности слабоводопроницаемого грунта.

Для тяжелых суглинков и глин с числом пластичности:

$$12,1 - 14,0 \quad h_{\text{загл}} = 3,5 \text{ м};$$

$$14,1 - 17,0 \quad h_{\text{загл}} = 2,5 \text{ м};$$

$$17,1 - 27,0 \quad h_{\text{загл}} = 2,0 \text{ м};$$

Экраны выполняют из тяжелой глины с числом пластичности более 27.

Повышение устойчивости земляного полотна, склонного к пучинообразованию, можно осуществлять путем химического закрепления грунтов.

#### **МЕТОД ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ**

#### **ПУТЕМ ИНЪЕКЦИИ УКРЕПЛЯЮЩИХ РАСТВОРОВ**

Укрепляющие растворы подбирают в зависимости от состояния дорожной конструкции:

\* на тех участках, где наблюдается переувлажнение грунта, но дорожная одежда имеет удовлетворительное состояние, грунтам придают водоотталкивающие свойства.

Для этого в грунт нагнетают растворы гидрофобизирующих жидкостей: ГКЖ-10, ГКЖ-11, жидкие битумы, битумные эмульсии и другие материалы, либо отходы химической промышленности, имеющие маслянистые составляющие.

\* на тех участках, где необходимо повысить прочность всей конструкции, нагнетают растворы, способные изменять структуру грунтов и материалов основания дорожной одежды.

Для этих целей применяют химические растворы, которые через некоторое время превращаются в гелеобразные вещества, цементирующие грунт и слои дорожной одежды.

В качестве таких растворов применяют:

- смесь жидкого стекла, воды и 1% р-р соляной кислоты в соотношении 1:9:10



- жидкий концентрат барды + вода + дихромат калия



## **Практическое занятие 5**

**Разработка технологических карт на капитальный ремонт дорожной одежды с использованием современных материалов и средств механизации.**

Регенерация дорожной одежды методом холодного ресайклинга с применением ресайклера  $w_r$  2500 и смесительной установки  $w_m$  400

Технологическая карта разработана на основе методов научной организации труда и предназначена для использования при разработке проектов производства работ и организации труда при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог.

Карта составлена на регенерацию дорожной одежды, укрепляемой цементно-водной суспензией, методом холодного ресайклинга при реконструкции дороги с шириной проезжей части 7 м. Реконструируемая дорога характеризуется следующими дефектами: ямочностью, выбоинами, колеиностью и другими дефектами асфальтобетонного покрытия и

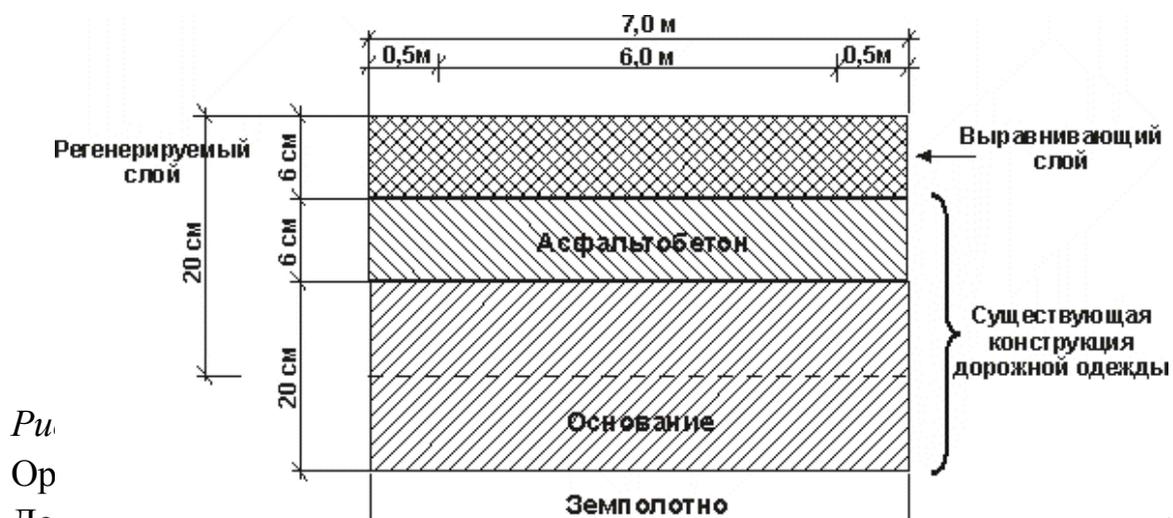
основания. Общая толщина регенерируемого слоя дорожной одежды 20 см, включая выравнивающий слой (или слой усиления) толщиной 6 см (рис. 1).

В качестве ведущего механизма принят комплект машин фирмы «Wirtgen», состоящий из ресайклера WR 2500 и мобильной смесительной установки, с рабочей скоростью регенерирования 5 м/мин, сменной длиной захватки 600 м или 4000 м<sup>2</sup> основания.

Состав отряда вспомогательных механизмов включает: катки BW 161 AC, VP 200 и BW 216, автогрейдер ДЗ-122, универсальную машину КО 806-06 для подвозки воды и увлажнения поверхности, автоцементовоз ТЦ-12, гудронатор ДС-39Б, автосамосвал КамАЗ-55111.

Ресайклер WR 2500 в комплекте со смесительной установкой WM 400 предназначен для дробления, измельчения материалов конструктивных слоев существующей дорожной одежды, приготовления и равномерного введения в смесь цементоводной суспензии, перемешивания всех компонентов укрепленных смесей.

Ресайклер также позволяет обрабатывать смеси органическими вяжущими (битум, вспененный битум или битумная эмульсия) или комплексными вяжущими, состоящими из минерального и органического компонентов.



До начала работ ресайклера WR 2500 и смесительной установки WM 400 должны быть выполнены следующие работы:

- в лабораторных условиях подобраны оптимальные составы укрепленных смесей на основе материалов конструкции всех слоев существующей дорожной одежды и конкретного минерального вяжущего, определены физико-механические свойства укрепленных смесей, которые должны удовлетворять требованиям ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические

условия». При работе с органическими вяжущими следует руководствоваться ГОСТ 30491-97 «Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства»;

- очищена поверхность основания (покрытия) существующей дороги;
- устроен выравнивающий слой (или слой усиления), толщина которого определяется проектом;
- закреплена кольшками правая кромка основания для определения контура движения ресайклера.

Поверхность существующего покрытия очищается от пыли и грязи универсальной машиной типа КО 806-06, оснащенной механической щеткой. Очистка поверхности может проводиться как в сухом, так и в увлажненном состоянии.

Для устройства выравнивающего слоя или слоя усиления применяется щебень фракции 5-40 мм. Для дорог IV-V технических категорий разрешается применение слабопрочных известняков-ракушечников. Фракция щебня 5-40 мм рекомендуется для создания условий наиболее благоприятных для работы ресайклера WR 2500.

Распределение и профилирование выравнивающего слоя толщиной 6 см производится автогрейдером ДЗ-122 за 6 проходов по ширине дороги при рабочем ходе в одном направлении.

Спрофилированный слой щебня подкатывается самоходным вибрационным катком BW 216 за 4 прохода по одному следу. Масса катка BW 216 составляет 16 т, с включенным вибратором – 35 т. Щебень уплотняется в следующем режиме: первый и последний проходы без включения вибратора, второй и третий – с включенным вибратором.

В связи с отсутствием у ресайклера WR 2500 автоматизированной следящей системы за курсом движения и высотными отметками, направление его движения при первой проходке закрепляется кольшками, расположенными по правому краю дороги по ходу движения машины. Кольшки устанавливаются на прямолинейном участке дороги через 10 м, на кривых – через 4-5 метров. В разбивочных работах принимает участие инженер-геодезист.

При следующих проходах ресайклера ориентиром является правая кромка регенерированной полосы.

Для обеспечения непрерывной работы комплекта машин мобильная смесительная установка WM 400 должна регулярно обеспечиваться подвозкой цемента и воды. Общая емкость двух бункеров цемента смесительной установки составляет 25 т, емкость бака воды – 8,5 т.

В данной технологической карте доставка цемента предусмотрена автоцементовозом ТЦ-12 с цистерной емкостью 16 м<sup>3</sup> и скоростью передвижения 40 км/час. Подвозка воды осуществляется универсальной машиной КО 806-06 с объемом бака для воды 8 м<sup>3</sup>. Синхронизируя скорости рабочего хода ресайклера и автоцементовоза с универсальной машиной КО 806-06, разгрузка цемента и воды в бункеры смесительной установки может производиться во время работы комплекта.

Комплект машин: ресайклер WR 2500 и мобильная смесительная установка WM 400 могут использоваться для стабилизации грунтов (повышение их несущей способности), измельчения твердых материалов (грунт, каменные материалы, асфальтобетон), холодного ресайклинга существующей дорожной одежды, когда после фрезерования используются все 100% материалов, а также при новом строительстве, используя метод смешения на дороге.

Смесительная установка WM 400 представляет собой цельнометаллическую передвижную конструкцию, на которой размещены бункеры для хранения цемента, емкость – для воды, система шнеков и труб с дозирующими устройствами для подачи цемента и воды в смеситель непрерывного действия для приготовления цементоводной суспензии, непосредственно смеситель, насос и шланг для подачи суспензии в распределительную систему ресайклера WR 2500. Производительность смесителя по цементоводной суспензии – до 500 л/мин.

Смесительная установка WM 400 оснащена двигателем внутреннего сгорания с генератором для обеспечения электроэнергией электродвигателей шнеков, смесителя, насосов и дозаторов. WM 400 не имеет автономного двигателя для передвижения по трассе, но снабжена рулевым управлением для ориентации во время работы. WM 400 приводится в движение ресайклером WR 2500 за счет жесткой сцепки, объединяющей машины в единый агрегат.

Качественное перемешивание водоцементной суспензии, подачи оптимального количества в регенерируемый слой, дозирование цемента и воды в зависимости от естественной влажности материалов и заданной плотности, контроль за расходом материалов и т.д. обеспечивает бортовая система ЭВМ установки WM 400.

Ресайклер WR 2500 расположен на шасси сварной конструкции, составной частью которого является водяной бак для вспенивания битума. Колеса закреплены на направляющих круглого сечения. Машина, при помощи гидравлического привода, может подниматься и опускаться на этих направляющих в рабочее и транспортное положения. Каждое колесо

ресайклера приводится во вращение своим гидродвигателем, что обеспечивает машине легкое управление и маневренность. Ресайклер имеет четыре передачи для рабочего и транспортного режимов движения. Как правило, рабочая скорость ресайклера варьируется в пределах 2-12 м/мин, что зависит от вида и прочности регенерируемых материалов.

Основным рабочим органом ресайклера является фрезерный барабан диаметром 860 мм. К поверхности барабана приварены держатели для резцов с круглым стержнем. Конструкция резцедержателей позволяет, используя слесарный инструмент, заменять вышедшие из строя резцы на месте работы. Ресайклер обеспечен четырьмя комплектами резцов, предназначенных для разных типов перерабатываемого материала. С учетом высоты установленных резцов диаметр фрезерного барабана достигает 1480 мм, что определяет максимальную высоту фрезеруемого слоя – 500 мм. Специальные краевые сегменты с резцами позволяют получать чистые стенки отфрезерованной полосы.

Фрезерный барабан заключен в герметичную рабочую камеру с изменяемым объемом, что повышает качество измельчения материалов и практически ликвидирует выброс пыли в окружающую среду.

Рабочая камера имеет шумоизоляцию, которая значительно снижает уровень создаваемого ею шума. Ширина фрезерного барабана, а следовательно, и регенерируемой полосы 2438 мм. За фрезерным барабаном расположен регулируемый по высоте зачистной отвал, который улучшает качество перемешивания создает ровную поверхность сфрезерованного материала за ресайклером.

Ресайклер имеет две автономные системы подачи и распределения на всю ширину фрезеруемой полосы цементоводной суспензии, подаваемой из WM 400 и органического вяжущего в жидком состоянии – из битумовоза. При работе с органическими вяжущими битумопроводы обогреваются для поддержания рабочей температуры битума (180-200°C). Для распределения цементоводной суспензии на соответствующей гребенке расположено восемь форсунок, для органического вяжущего – 16. Оператор ресайклера WR 2500 имеет возможность с пульта управления при необходимости перекрыть одну или группу форсунок.

Для обеспечения долгосрочной и бесперебойной работы ресайклера WR 2500 следует иметь в виду:

- при прочности каменных материалов более «800» (по дробимости) резцы фрезерного барабана изнашиваются значительно интенсивнее;
- при работе ресайклера в городских условиях и на дорогах I и II технических категорий толщина регенерируемого асфальтобетонного слоя не

должна превышать 12-13 см. Если толщина слоя асфальтобетона превышает указанные величины, то предварительно избыток слоя по высоте должен быть срезан дорожными фрезерами;

- оптимальная высота регенерируемого слоя 25-30 см;
- водоцементное отношение в пределах 0,5 – 1,0;
- максимальное количество вводимого цемента не более 6% от массы регенерируемого слоя. Для достижения марок укрепленных смесей более «М60» необходимо вводить цемента более 6%, что достигается двумя проходами ресайклера по одному следу.

При проходе ресайклера двух или более полос по ширине основания, смежные полосы перекрываются на 10-30 см с одновременным отключением одной форсунки для прекращения подачи суспензии при втором и третьем повторных проходах (рис.2). Ресайклер регенерирует дорожную одежду в одном направлении и рабочая скорость для настоящей техкарты составляет 5 м/мин. Скорость обратного (холостого) хода составляет 18-25 м/мин.

Ресайклер WR 2500 и смесительная установка WM 400 обслуживают два звена состоящих из машиниста VI разряда, помощника машиниста V разряда и двух дорожных рабочих III разряда.

2.9. После начала работы ресайклера за ним с интервалом 4-5 м по регенерируемой полосе (между колес ресайклера) с такой же скоростью движется вибрационный каток BW 161 AC (масса катка – 9,5 т, при включенном вибраторе – 27,2 т) для прикатки разрыхленной смеси и предотвращения интенсивного влагоиспарения, особенно при повышенной

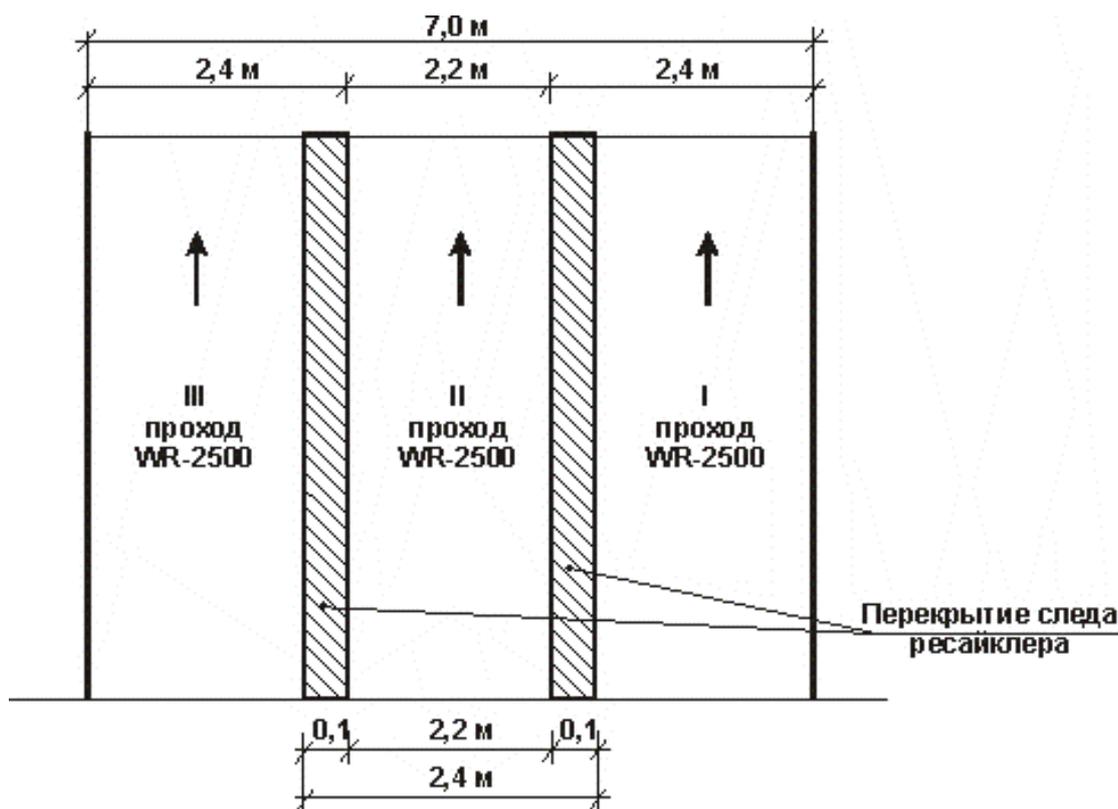


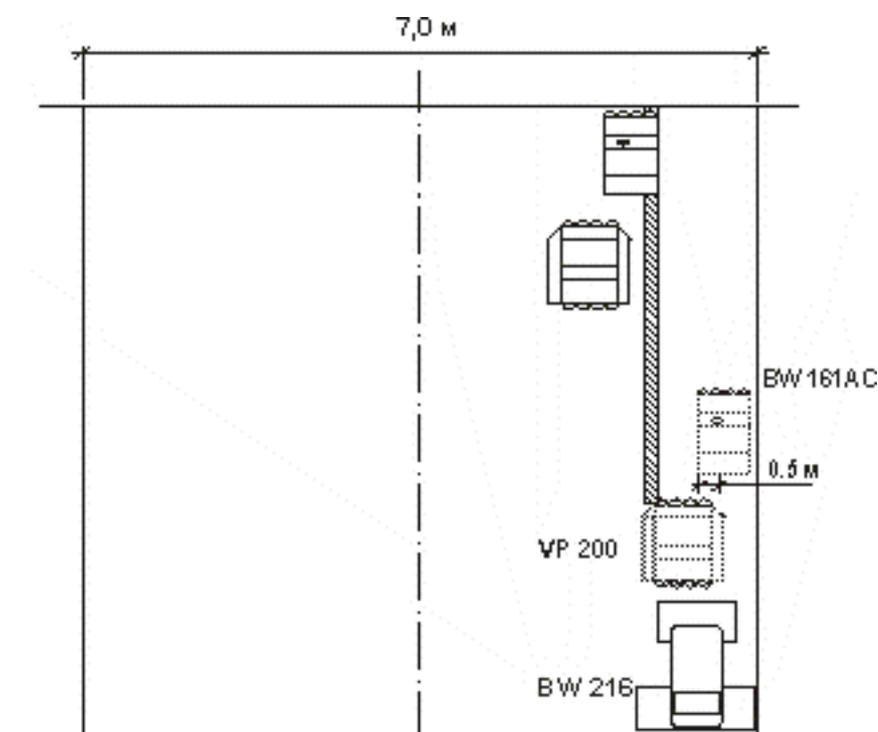
Рис.  
2. Схема  
работы  
ресайклера  
WR 2500

температуре воздуха. Одновременно каток подготавливает сфрезерованный слой под профилирование автогрейдером ДЗ-122. Эта технологическая операция осуществляется за два прохода катка по одному следу.

Длина участка, регенерируемого основания, исходя из сроков начала схватывания цемента, обычно составляет 120-150 м (для данной техкарты принято 120 м). При ширине основания 7 м ресайклер совершает три проходки. Длина сменной захватки может составлять 500-800 м (нами принята захватка длиной 600 м).

По завершению регенерации на одном участке ресайклер передвигается на следующий. Прикатанная поверхность основания профилируется автогрейдером ДЗ-122, оснащенного автоматической системой слежения за вертикальными отметками. Профилирование основания завершается после 8 проходов автогрейдера при рабочем ходе в одном направлении.

Уплотнение основания осуществляется звеном катков, состоящим из трех механизмов: каток BW 161 AC, пневмокоток VP 200 (масса 8,5 т без балласта, с балластом – 18 т), вибрационный каток BW 216. Схема движения катков приведена на рис. 3. В первую очередь основание уплотняют катки BW 161 AC и VP 200. Каток BW 161 AC начинает уплотнение от правого края дороги. За ним, левее, с перекрытием следа катка BW 161 AC на 1/3 и выдерживая интервал 5 м, движется каток VP 200. Уплотнив полосу длиной 120 м (длина захватки), катки задним ходом возвращаются к началу полосы (два прохода по одному следу) и, переместившись к оси основания, продолжают его уплотнение. При этом каток BW 161 AC на 1/3 перекрывает предыдущий след катка VP 200. В это время каток BW 216 продолжает



уплотнение основания, ориентируясь на его правый край.

*Рис. 3. Схема уплотнения основания катками*

После уплотнения полосы, проходящей через ось основания, катки начинают работу с левого края по прежней схеме.

Каждый каток совершает 6 проходов по одному следу. При этом каток BW 161 AC работает по схеме: первый проход без вибратора, 2-6 проходы с включенным вибратором; каток BW 216: первые и последние два прохода без вибратора, третий и четвертый проходы с включенным вибратором.

Для предотвращения образования волосяных трещин на поверхности регенерируемого слоя, необходимо готовое основание дополнительно увлажнить водой из расчета 0,6-0,8 л/м<sup>2</sup>, а затем прикатать катком VP 200 за два прохода по одному следу.

По завершению уплотнения регенерированного слоя основания по его поверхности производится розлив битумной эмульсии автогудронатором ДС-36Б из расчета 0,6-0,9 л/м<sup>2</sup>, после чего на подготовленное основание устраивается асфальтобетонное покрытие. Толщина слоя асфальтобетона определяется проектом.

Если по техническим причинам укладка асфальтобетона невозможна, то нанесенная битумная эмульсия является средством ухода за укрепленными смесями. При этом организуется технологический перерыв продолжительностью 7-10 суток. За этот промежуток времени основание должно набрать прочность при сжатии не менее 70% от проектной марки, после чего можно укладывать асфальтобетонное покрытие.

Технологическая последовательность процессов с расчетом объемов работ и потребных ресурсов приведены в табл. 1. Состав отряда – в табл. 2.

**СОСТАВ ОТРЯДА**

Машины	Профессия и разряд рабочего	Потребность машин		Плотность в машинах	коэффициент загрузки	количество рабочих
		НЗ	Р			
Универсальная машина КО-806-06	Машинист IV разряда	2,25	3,74	3	0,75	0
Автосамосвал КамАЗ - 55111	Машинист IV разряда	9,24	15,49	10	0,92	0
Автогрейдер ДЗ-122	Машинист VI разряда	1,16	1,92	1	0,58	0
Самоходный вибрационный каток BW 216	Машинист VI разряда	1,95	3,24	3	0,98	0

<b>Цементовоз ТВ-12</b>	<b>Машинист VI разряда</b>	2 ,98	4 ,97	3 ,99	0
<b>Ресайклер WR 2500 и смесительная установка WM-400</b>	<b>Машинист VI разряда</b>  <b>Пом машиниста V разряда</b>  <b>Дорожный рабочий III разряда</b>	0 ,91	1 ,52	1 ,91	0
<b>Самоходный вибрационный каток BW 161 АС</b>	<b>Машинист IV разряда</b>  <b>Рабочий III разряд</b>	1 ,81	3 ,02	2 ,90	0
<b>Самоходный пневмокаток VP 200</b>	<b>Машинист VI разряда</b>	1 ,54	2 ,56	2 ,77	0
<b>Автогудронатор ДС-39Б</b>	<b>Машинист V разряда</b>  <b>Пом машиниста IV разряда</b>	0 ,3	0 ,5	1 ,3	0
	<b>ИТОГО:</b>	2 2,14	3 6,96	2 6	4