

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 02.03.2022 10:25:03  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

1

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра городского дорожного строительства  
и строительной механики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

«14» 12



## УСТРОЙСТВО ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Методические указания по курсовому проектированию  
для студентов направления подготовки 08.03.01  
и специальности 08.05.02

Курск 2017

УДК 721.021:004.9

Составители: Л.Ю. Ступишин, К.Е. Никитин

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.Г. Колесников*

**Устройство дорожных одежд автомобильных дорог:** методические указания по курсовому проектированию для студентов направления подготовки 08.03.01 и специальности 08.05.02/ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.Ю. Ступишин, К.Е. Никитин. - Курск, 2017. - 89с.: ил.4, табл.28, прилож. 4. Библиогр.: с.59

Содержат сведения по определению объемов работ, организации строительных процессов, определению продолжительности выполнения работ, выбору комплекта машин для выполнения работ и расчету численного состава исполнителей, порядку разработки технологических карт процессов при устройстве дорожных одежд и обочин. Указывается порядок выполнения курсового проекта и его оформления.

Предназначены для студентов направления 08.03.01 «Строительство» профиля «Автомобильные дороги» и специальности 08.05.02 «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей» дневной и заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.17. Формат 60x84 1/16.  
Усл.печ.л. 5,17. Уч.-изд.л. 4,68. Тираж 50 экз. Заказ. Бесплатно. 2601

Юго-Западный государственный университет.  
305040, г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Содержание

	стр.
1. Введение	5
2. Общие положения	5
2.1 Общие требования к структуре курсового проекта	5
2.2. Требования к оформлению курсового проекта	8
2.3. Требования к защите курсового проекта	10
2.4. Исходные данные	10
2.5. Технология и организация работ по устройству земляного полотна	11
3. Определение объемов материалов для устройства слоев дорожной одежды и обочин	12
3.1 Геометрические параметры слоев дорожной одежды и обочин	12
3.2 Расчет потребности в дорожно-строительных материалах	19
4. Определение источников снабжения материалами и зон доставки материалов.	26
5. Определение продолжительности строительства.	29
5.1 Дорожно-климатический график.	29
5.2. Определение общей продолжительности строительства	37
6. Расчет скорости потока по устройству дорожной одежды и обочины. Подсчет необходимых ресурсов для выполнения работ и формирование специализированных отрядов	39
6.1. Определение состава работ для строительства слоев дорожной одежды и обочин, и числа захваток	39
6.2. Определение продолжительности работ и минимальной длины захватки	40
6.3. Определение длины захватки и минимального объема работ на захватке	45
6.4. Выбор моделей машин для выполнения работ и определение их производительности. Определение производительности рабочих звеньев	46
6.5. Определение числа машин (звеньев рабочих) для выполнения работ. Расчет коэффициента использования машин (звеньев)	51
6.6. Выбор ведущей машины. Выбор оптимальной длины захватки для проведения работ.	53

7. Построение линейного календарного графика строительства дорожной одежды.	54
8. Определение потребности в рабочих кадрах и средствах механизации	55
9. Технологическая схема потока по возведению слоев дорожной одежды	57
10. Техника безопасности и контроль качества работ	58
Библиографический список	59
Приложение А	60
Приложение Б	69
Приложение В	87
Приложение Г	88

## 1. Введение

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 08.05.02 «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей» и направления 08.03.01 «Строительство», профиля «Автомобильные дороги» очной и заочной форм обучения. Пособие служит руководством по курсовому проектированию, и может быть полезно при выполнении соответствующего раздела выпускной квалификационной работы (дипломного проекта).

В методических рекомендациях последовательно рассмотрены вопросы, связанные с технологическим проектированием при устройстве конструктивных слоев дорожной одежды и обочин автомобильной дороги. Даны примеры расчетов и оформления графических материалов при составлении проекта производства работ по устройству дорожной одежды автомобильной дороги.

Основные задачи, решаемые в рамках выполняемого курсового проекта следующие:

1. Расчет потребности в основных дорожно-строительных материалах для устройства дорожной одежды и обочин автомобильной дороги;
2. Определение оптимальных вариантов доставки дорожно-строительных материалов;
3. Определение календарной продолжительность строительного сезона и нормативной продолжительности строительства;
4. Расчет скорости потока работ по устройству слоев дорожной одежды и оптимальной длины захватки;
5. Подсчет необходимых ресурсов для выполнения дорожных работ. Формирование специализированных отрядов;
6. Разработка технологической схемы потока по устройству слоев дорожной одежды;
7. Построение линейного календарного графика проведения работ. Определение потребности в рабочей силе и средствах механизации;
8. Разработка указаний по контролю качества выполняемых работ и учет требования техники безопасности.

## 2. Общие положения

### 2.1 Общие требования к структуре курсового проекта

Курсовой проект выполняется в виде текстового документа (пояснительная записка) и дополняется графическим материалом. Объем пояснительной записки составляет 40-80 листов.

Пояснительная записка – основной документ, предъявляемый студентом к защите курсовой работы, в которой должны быть в строгой форме рас-

крыты основные этапы работы, иллюстрируемая рисунками, таблицами, схемами, необходимыми для полного уяснения ее содержания и графическим материалом.

Курсовая работа оформляется в виде разделов, в соответствии со стандартом университета СТУ 04.02.030-2017:

- титульный лист;
- задание на проектирование;
- реферат;
- содержание пояснительной записки;
- введение;
- определения, обозначения и сокращения;
- расчетная часть пояснительной записки;
- заключение;
- список используемых источников;
- приложения.

Титульный лист является первым листом документа, его оформляют согласно требованиям СТУ 04.02.030-2008, форма титульного листа приведена в приложении 2.

Содержание включает введение, заголовки всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют наименование), заключение, список используемых источников и наименование приложений с указанием номера страниц. При наличии самостоятельной конструкторской или технической документации, помещаемых в КР, их перечисляют в содержании с указанием обозначений и наименований.

Материалы, представляемые на носителях ЭВМ, должны быть перечислены в содержании с указанием вида носителя, обозначения и наименования документов, имен и форматов соответствующих файлов.

Определения, обозначения и сокращения необходимы для уточнения или установления терминов, используемых в работе. Определения должны быть оптимально кратки и состоят из одного предложения. Допускается сокращать общепринятые обозначения в соответствии с МС ИСО 9000-2000.

Реферат размещается на отдельном листе. Рекомендованный средний объем реферата 850 печатных знаков и не должен превышать одной страницы.

Реферат должен содержать сведения об объеме текстового документа, о количестве иллюстраций, таблиц, приложений, используемых источников, графического материала, ключевые слова и соответствовать положениям ГОСТ 7.9-95.

Текст реферата должен отражать оформление в виде структурных частей: цель работы, метода проведения работы, полученные результаты, область применения, дополнительные сведения. Пример оформления реферата см. приложение 4.

Во введении дается обоснование актуальности темы курсовой работы, ее научное, техническое и практическое значение; область применения разрабатываемой темы, особенности производства земляных работ в условиях плотной городской застройки; формулируются цели и задачи; общие сведения работы, данные об объекте, ссылочные документы. Примерный объем введения 1-2 страницы.

Расчетная часть пояснительной записки составляется согласно порядку выполнения курсовой работы, в ней перечисляют заголовки всех разделов и подразделов с указанием номеров страниц.

Расчетная часть пояснительной записки:

- Определение технических показателей автодороги заданной категории.
- Определение календарной продолжительности строительных сезонов и нормативной продолжительности строительства.
- Характерные поперечные профили земляного полотна и их параметры.
- Характерный поперечный профиль дорожной одежды.
- Составление баланса земляных масс и определение потребности в доставке или вывозе грунта.
- Определение средних расстояний перемещения грунта
- Выбор уплотняющих средств и параметров уплотнения.
- Расчет скорости потока по возведению земляного полотна (на примере участка с одинаковой технологией производства земляных работ). Подсчет необходимых ресурсов для выполнения земляных работ и формирование специализированных отрядов.
- Разработка технологической схемы (плана потока) проведения земляных работ
- Расчет потребности в основных дорожно-строительных материалах для устройства дорожной одежды и обочины.
- Расчет скорости потока по устройству дорожной одежды и обочины. Подсчет необходимых ресурсов для выполнения работ и формирование специализированных отрядов.
- Разработка технологической схемы (плана потока) проведения работ по устройству дорожной одежды и обочины.
- Линейный календарный график проведения работ.
- Указания по контролю качества выполнения работ и требования техники безопасности при устройстве земляного полотна и дорожной одежды

Графическая часть курсовой работы включает в себя технологический план потока по устройству земляного полотна и слоев дорожной одежды.

Заключение должно содержать основные выводы по результатам выполненной курсовой работы, оценку полноты решения поставленной задачи и перспективу развития темы работы. Объем заключения 1-2 страницы.

К пояснительной записке прилагается приложение, объем которого не ограничен. В тексте на все приложения должны быть ссылки. Слово

"Приложение" располагают посередине, ниже приводят отдельной строкой заголовок, который располагают симметрично относительно текста.

В приложение выносятся:

- справочный материал;
- графический материал большого объема;
- таблицы и рисунки большого формата;
- дополнительные расчеты;
- распечатки с ЭВМ;
- самостоятельные материалы и документы конструкторского, технологического и прикладного характера;
- промежуточные математические доказательства, формулы и расчеты;
- иллюстрации вспомогательного характера.

В список используемых источников включают литературу, на которую имеются ссылки в КП: учебники, статьи, методические указания, справочники, нормативная документация, а так же ссылки на Интернет адреса соответствующих сайтов. Источники в списке располагают и номеруют в порядке их упоминания в тексте КП арабскими цифрами без точки.

Список источников оформляется согласно требованиям ГОСТ 7.1-2003 и ГОСТ 7.82-2001.

## **2.2. Требования к оформлению курсового проекта**

Курсовая работа должна оформляться в соответствии с действующими системами стандартов на оформление технической и отчетной документации:

ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 3.1105-84 ЕСТД. Форма и правила оформления документов общего назначения;

ГОСТ 7.12-93 ССИБИД. Сокращения русских слов и словосочетаний в библиографическом описании произведений печати;

ГОСТ 19.404-79 ЕСПД. Пояснительная записка.

Нумерацию страниц начинают с титульного листа. На титульном листе нумерация не проставляется.

Курсовая работа выполняется на стандартных листах бумаги формата А4 (210x297мм), оформляется с помощью технических средств или пишется в ручную. При выполнении пояснительной записки на всех листах должны быть выполнены рамки и основные штампы по форме 1 (см. приложение 3) – для содержания и по форме 2 (см. приложение 3) – для последующих листов, кроме приложений.

Печать текстового документа при помощи технических средств рекомендуется осуществлять шрифтом Time New Roman, размер шрифта – 14 пт,

полуторным междустрочным интервалом; выравнивание текста – по ширине листа. Поля страницы: верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм, правое – 10 мм, левое – 30 мм; первая строка отступ – 1,5 см.

Иллюстрации и таблицы допускается выполнять на листах формата А-3, при этом они должны быть сложены на формат А-4.

При рукописном исполнении текста используются чернила, черного, синего или фиолетового цвета.

Заголовки разделов и подразделов печатаются жирным шрифтом, размером – 14 пт. Разделы нумеруют сквозной нумерацией в пределах текста основной части арабскими цифрами без точки, записывают с абзацного отступа, после названия раздела и подраздела точка не ставится. Раздел рекомендуют начинать с новой страницы. Расстояние между заголовком и текстом должно быть – 2 интервала, расстояние между заголовками разделов и подразделов – 1 интервал.

Текст курсовой работы должен быть кратким, четким, не допускать различных толкований. Часто встречающиеся в тексте сложные выражения при первом упоминании пишут полностью и рядом приводят в скобках сокращенную запись. В дальнейшем изложении применяют аббревиатуру без расшифровки.

Таблицы, за исключением приведенных в приложении, нумеруются сквозной нумерацией. При этом точку после номера таблицы не ставят, точку после наименования таблицы не ставят. Допускается помещать таблицу вдоль длинной стороны листа документа.

Нумерация таблицы может осуществляться в пределах раздела, в этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенной точкой, например, Таблица 1.1.

На все таблицы приводят ссылки в тексте.

Формулы следует выделять из текста в отдельную строку в расчетной части пояснительной записки, они должны быть набраны в редакторе Microsoft Equation 3.0. Несложные формулы можно набирать с использованием команды «Вставка → Символ». Формулы «поверх текста» не вставлять. Перенос формул допускается только на знаках выполняемых математических операций.

Значение каждого символа дают с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле со слова «где» без двоеточия и с абзаца. Формулы, следующие одна за другой и не разделенные текстом, делят запятой. Применение в одном документе разных систем обозначения физических величин не допускается.

Формулы, за исключением приведенных в приложении, должны нумероваться сквозной нумерацией арабскими цифрами в круглых скобках. Формулы располагаются в крайнем правом положении на строке. Нумерация формул может осуществляться в пределах раздела, в этом случае нумерация

состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенной точкой, например (1.20).

Иллюстрации (схемы, графики, технические рисунки, фотографические снимки, осциллограммы, диаграммы) именуется в тексте рисунками и нумеруются сквозной нумерацией, кроме приложений, но могут нумероваться в пределах каждого раздела, тогда нумерация состоит из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой, например (Рисунок 5.1 - ).

Количество иллюстраций, помещаемых в ТД, должно быть достаточным для того, чтобы придать излагаемому тексту ясность и конкретность. Иллюстрации следует размещать так, чтобы их можно было рассматривать без поворота документа или с поворотом по часовой стрелке.

Помещаемые в качестве иллюстраций чертежи и схемы должны соответствовать требованиям государственных стандартов единой системы конструкторской документации.

Графический материал должен совместно с текстовым документом раскрывать или дополнять содержание КП. Графический материал выполняется в виде самостоятельного документа – чертежа, схемы, на листе кратного формата А3, он должен иметь рамку и в правом нижнем углу листа основную надпись по ГОСТ 2.104.

Курсовая работа сдается в распечатанном виде (1 экземпляр, подшитый в папку) и в электронном виде на дискете или ином носителе цифровой информации.

### **2.3. Требования к защите курсового проекта**

Защита курсового проекта проводится в комиссии из преподавателей кафедры, включая руководителя проекта. Состав комиссии утверждается заведующим кафедрой.

Процедура защиты заключается в кратком докладе студента по выполненной курсовой работе и в ответах на вопросы членов комиссии по теме проекта. По результатам защиты КП выставляются оценки по 100 бальной шкале. Студенту, не представившему КП в установленный срок или получившему при защите неудовлетворительную оценку, назначается дата дополнительной защиты, а при необходимости выдается новое задание на выполнение КП.

### **2.4. Исходные данные**

Курсовой проект (КП) выполняется на основании индивидуального задания с исходными данными, в соответствии с современным уровнем науки и

технологии и развитием данной отрасли в целом. В задание используются материалы, полученные при освоении теоретической программы.

Исходные данные для проектирования:

- Протяженность строящегося участка автодороги, в км;
- Место строительства;
- Категория дороги;
- Тип грунта и толщина растительного слоя грунта;
- Расстояние до сосредоточенного резерва грунта или места размещения вывезенного грунта;
- Продольный профиль дороги;
- Конструкция поперечного профиля (дорожной одежды и обочины);
- Местоположение источников дорожно-строительных материалов.

Допускается выдача комплексного задания на выполнение курсовой работы на группу из нескольких студентов со строгой конкретизацией задания и объема работы каждого студента и его вклада в оформление работы.

После выдачи задания на КП перед началом выполнения руководитель работы разрабатывает календарный график работы на весь семестр с указанием очередности выполнения отдельных этапов, устанавливает сроки периодического отчета студента и график защиты КП.

В данных методических указаниях рассматривается пример курсового проектирования для автомобильной дороги со следующими параметрами:

1. Место строительства – г. Смоленск
2. Техническая категория дороги – II. Параметры дороги - см. Таблицу 1.
3. Длина строящегося участка – 2 км.
4. Поперечный профиль - см. рисунок 1.
5. Уклон откосов земляного полотна 1:4

## **2.5. Технология и организация работ по устройству земляного полотна**

Порядок разработки технологии и организации работ по устройству земляного полотна описан в методических указаниях «Технология и организация работ по устройству земляного полотна».

В рамках курсового проекта разрабатываются следующие разделы, касающиеся земляного полотна:

- Построение характерных поперечных профилей земляного полотна и их параметры.
- Составление баланса земляных масс и определение потребности в доставке или вывозе грунта.
- Определение средних расстояний перемещения грунта
- Выбор уплотняющих средств и параметров уплотнения.

- Расчет скорости потока по возведению земляного полотна (на примере участка с одинаковой технологией производства земляных работ). Подсчет необходимых ресурсов для выполнения земляных работ и формирование специализированных отрядов.

- Разработка технологической схемы (плана потока) проведения земляных работ

### 3. Определение объемов материалов для устройства слоев дорожной одежды и обочин

#### 3.1 Геометрические параметры слоев дорожной одежды и обочин

Геометрический объем  $i$ -го слоя дорожной одежды в  $m^3$  может быть определен по формуле:

$$V_i = S_i \cdot L,$$

где  $L$  – длина дороги,  $S_i$  - площадь сечения слоя в поперечном профиле.

Площади сечений  $S_i$  могут быть определены расчетным способом (как описано ниже) или графическим – путем построения поперечного профиля в масштабе и по размерам в чертежной программе (AutoCAD, Компас и т.п.) с последующим применением команд для измерения площадей фигур.

Здесь и далее приняты следующая нумерация слоев дорожной одежды и обочин:

1. Дополнительный слой основания - дренирующий песчаный слой
2. Нижний слой основания из щебня
3. Верхний слой основания из щебня, обработанного битумом
4. Нижний слой покрытия из пористого асфальтобетона
5. Верхний слой покрытия из мелкозернистого плотного асфальтобетона
6. Укрепленная часть обочины из щебня
7. Неукрепленная часть обочины из крупнозернистого песка

Площади поперечных сечений слоев расчетным методом для слоев №1-5 (слои основания и покрытия) определяются по формуле:

$$S_i = b_i \cdot h_i,$$

где  $b_i$  – средняя ширина слоя (на середине высоты трапецевидного сечения – см. рис. 2). Определяется для слоя №1-4 по формуле:

$$b_i = b_i^1 + h_i,$$

где  $h_i$  – толщина слоя,  $b_i^1$  – ширина слоя поверху – см. рис. 2. Определяется как:

$$b_i^1 = b_{i-1}^0,$$

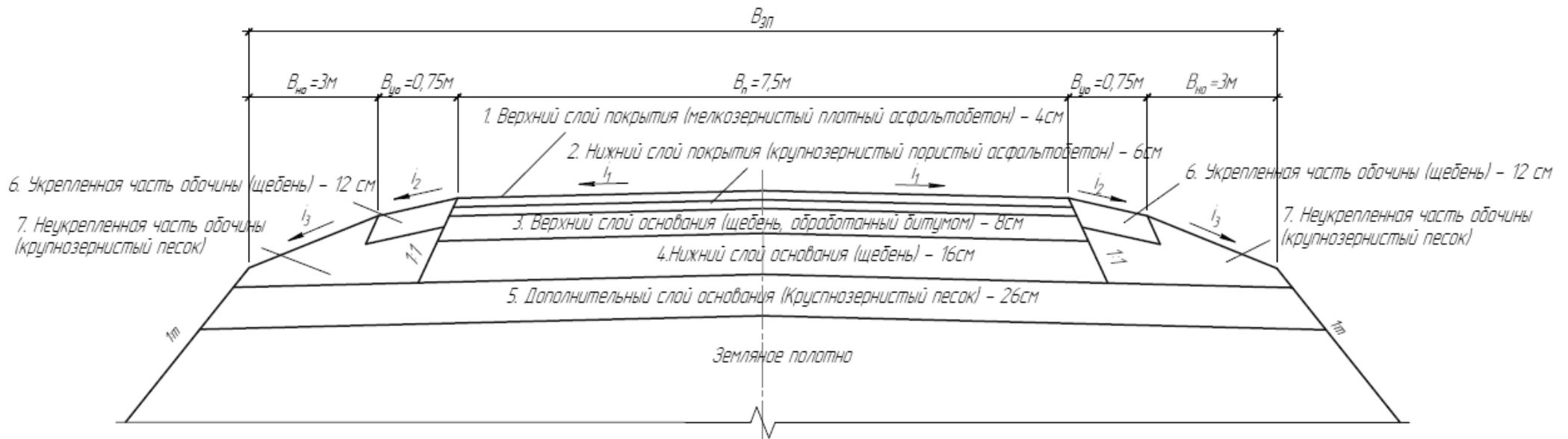
где  $b_{i-1}^0$  – ширина основания предыдущего слоя. Для 1-го, самого верхнего слоя ( $i=1$ ) принимается  $b_i^1 = B_{п.}$  Ширина основания вычисляется как:

$$b_i^0 = b_i^1 + 2 h_i.$$

Параметры автомобильной дороги II категории

Таблица 1

Технические показатели дороги	Единица измерения	Значение показателя
Ширина проезжей части, $B_{п}$	м	7,5
Ширина обочин, $B_{yo} + B_{но}$	м	3,75
Ширина укрепленной части обочины, $B_{yo}$	м	0,75
Ширина земляного полотна, $B_{зп}$	м	15



Уклоны поперечного профиля:  $i_1=20\text{ ‰}$ ,  $i_2=40\text{ ‰}$ ,  $i_3=60\text{ ‰}$

Рис.1 Поперечный профиль конструкции дорожной одежды (пример)

Для слоя №5 (дополнительный слой основания) ширина основания равна:

$$b_5^0 = (2 H m + 2 B_{\text{но}} + B_{\text{п}} + 2 B_{\text{yo}} - 2 m B_{\text{но}} i_3 - m B_{\text{п}} i_1 - 2 m B_{\text{yo}} i_2) / (1 - m i_1),$$

где  $H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$  – суммарная толщина слоев дорожной одежды. В случае отсутствия укрепленной части обочины в формуле  $B_{\text{yo}}$  принимается равным нулю.

Ширина слоя №5 поверху:

$$b_5^1 = b_5^0 - 2 h_5 (1 + i_1/m) / (1/m - i_1),$$

где  $i_3$  – уклон откосов неукрепленной части обочины,  $1:m$  – уклон откосов земляного полотна,  $B_{\text{зп}}$  – ширина земляного полотна.

Средняя ширина слоя №5:

$$b_5 = b_5^0 - h_5 (1 + i_1/m) / (1/m - i_1).$$

Площадь сечения укрепленной части обочины определяется по формуле:

$$S_6 = 2 \cdot B_{\text{yo}} \cdot h_6,$$

где  $B_{\text{yo}}$  – ширина укрепленной полосы обочины,  $h_6$  – ее толщина.

Площадь сечения неукрепленной части обочины определяется по формуле:

$$S_7 = S - S_1 - S_2 - S_3 - S_4 - S_5 - S_6,$$

где

$S = (B_{\text{п}}^2 - (b_5^0)^2) i_1/4 + (B_{\text{п}} + B_{\text{yo}}) B_{\text{yo}} i_2 + (B_{\text{п}} + 2 B_{\text{yo}} + B_{\text{но}}) B_{\text{но}} i_3 + (b_5^0 + B_{\text{п}} + 2 B_{\text{yo}} + 2 B_{\text{но}}) h_{\text{зп}}/2$  – суммарная площадь сечения всех элементов дорожной одежды и обочин;  $h_{\text{зп}} = (2 H + b_5^0 i_1 - B_{\text{п}} i_1 - 2 B_{\text{yo}} i_2 - 2 B_{\text{но}} i_3)/2$  – высота части обочины, имеющей уклон земляного полотна  $1:m$  (см. рис.3).

В случае отсутствия укрепленной части обочины, в формуле  $B_{\text{yo}}$  принимается равным нулю.



Рис. 2. Основные геометрические параметры слоя дорожной одежды

Кроме измерения объемов работ в  $\text{м}^3$ , в дорожном строительстве широко используется измерение объемов работ в квадратных метрах поверхности. Найдем площади основных слоев дорожной одежды.

Поскольку слой имеет трапецевидное сечение, измеряемая поверхность должна находиться посередине высоты слоя. Тогда площадь поверхности посередине высоты слоя (срединная поверхность) определяется по формуле:

$$F_i = b_i \cdot L,$$

где  $b_i$  - средняя ширина слоя (см. выше),  $L$  – длина дороги.

При вычислении объемов работ необходимо учитывать особенности устройства элементов дорожной одежды и обочины. Так, если какой-либо элемент дорожной одежды или обочины получается в результате укладки двух или более слоев, необходимо вычислить объемы и другие геометрические параметры для каждого слоя. Если речь идет о слое покрытия или основания дорожной одежды, то можно заранее учесть эту особенность, разделив его на части-слои и включить их в пакет слоев как отдельные элементы.

Для неукрепленной части обочины расчет объемов слоев более сложен ввиду ее сложной формы (см. рис.3).

Далее рассмотрим способ укладки обочины в два слоя. При этом, предполагается, что верхний слой по толщине равен укрепленной части обочины, и он укладывается после ее устройства. Нижний слой соответствует объему обочины, расположенному ниже по уровню укрепленной части обочины.

Ширина неукрепленной части обочины понизу и поверху:

$$b_{7}^{01} = b_{7}^{11} = (b_{5}^1 - b_{4}^0) / 2$$

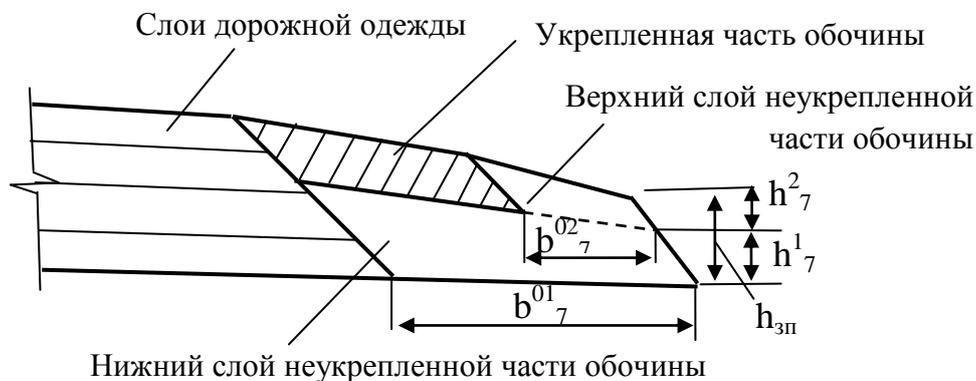


Рис. 3. Схема элементов обочины

Как правило, объем верхнего слоя обочины невелик, и его можно устроить целиком из остатков грунта, образующихся при планировке откоса нижнего слоя обочины. Исходя из этого предположения, найдем требуемую толщину нижнего слоя обочины:

$$\bar{h}_{7}^1 = \frac{\sqrt{S_7(m-1) + (b_{7}^{01})^2} - b_{7}^{01}}{m-1}.$$

В тоже время, если укрепленная часть обочины устраивается сразу поверху нижнего слоя обочины (см. рис.3), толщина этого слоя должна быть равна:

$$h^1_7 = H - h_5 - h_6$$

Если  $h^1_7 < \bar{h}^1_7$ , то остатков грунта для устройства верхнего слоя не хватает, и необходимо устраивать этот слой из отдельно привезенного грунта. Сравнение необходимо вести с предварительным округлением до десятых долей после запятой.

В том случае, если устройство укрепленной части обочины не предусмотрено, в качестве толщины нижнего слоя принимается  $h^1_7 = \bar{h}^1_7$ . При этом считается, что верхний слой обочины устраивается целиком из остатков грунта, образующихся при планировке откоса нижнего слоя обочины.

При назначении толщины нижнего слоя необходимо учитывать, что она не должна превышать оптимальной толщины уплотнения катка. Для обычных катков она составляет 0,2-0,4 м. Для вибрационных катков – до 0,6 м.

При устройстве нижнего слоя обочины из остатков грунта, образующихся при планировке откоса нижнего слоя обочины, площадь поперечного сечения нижнего слоя принимаем как:

$$S^1_7 = S_7$$

В остальных случаях площадь поперечного сечения нижнего слоя вычисляется как:

$$S^1_7 = 2 b^{01}_7 h^1_7$$

Объем нижнего слоя обочины равен:

$$V^1_7 = S^1_7 L$$

Площадь поверхности нижнего слоя обочины равна:

$$F^1_7 = 2 b^{11}_7 L$$

Приведенные далее расчеты параметров верхнего слоя обочины могут не выполняться, если при он устраивается из остатков грунта, образующихся при планировке откоса нижнего слоя обочины.

Толщина верхнего слоя обочины, расположенного под укрепленной частью обочины равна:

$$h^2_7 = H - h_5 - h^1_7$$

Ширина основания верхнего слоя обочины равна:

$$b^{02}_7 = b^{11}_7 - h^1_7 m - B_{yo}$$

Ширина верхнего слоя обочины поверху равна:

$$b^{12}_7 = b^{02}_7 + h^2_7 - (h_{zn} - h_5 - h^1_7) m$$

Площадь поперечного сечения верхнего слоя обочины равна:

$$S^2_7 = S_7 - S^1_7$$

Объем верхнего слоя обочины равен:

$$V^2_7 = S^2_7 L$$

Площадь поверхности верхнего слоя обочины равна:

$$F^2_7 = 2 b^{12}_7 L$$

В случае отсутствия укрепленной части обочины, в вышеприведенных формулах принимается  $B_{yo} = 0$ .

Для подсчета объема планировочных работ, вычисляем суммарную ширину наружной поверхности неукрепленной части обочины и дренирующего слоя:

$$b_{\text{бп}} = B_{\text{но}} + 2 h_{\text{зп}} \sqrt{1 + (1/m)^2}$$

Суммарная площадь планируемой поверхности равна:

$$F = b_{\text{бп}} L$$

Результаты расчетов заносят в таблицу. Пример оформления таблицы: таблица 2.

Расчет параметров слоев неукрепленной части обочины:

Ширина неукрепленной части обочины:

$$b_{7}^{01} = b_{7}^{11} = (b_{5}^{1} - b_{4}^{0}) / 2 = (16,77 - 8,18) / 2 = 4,3 \text{ м}$$

Оптимальная толщина нижнего слоя обочины:

$$\bar{h}_{7}^{1} = \frac{\sqrt{S_{7}(m-1) + (b_{7}^{0})^2} - b_{7}^{0}}{m-1} = \frac{\sqrt{1,98(4-1) + (4,3)^2} - 4,3}{4-1} = 0,21 \text{ м}$$

Предполагая, что укрепленная часть обочины устраивается поверху нижнего слоя обочины, находим толщину слоя:

$$h_{7}^{1} = H - h_{5} - h_{6} = 0,6 - 0,26 - 0,12 = 0,22 \text{ м}$$

Сравниваем:  $\bar{h}_{7}^{1} = 0,2$  и  $h_{7}^{1} = 0,2$  (значения с округлением до десятых долей после запятой).

Поскольку  $h_{7}^{1} = \bar{h}_{7}^{1}$ , то предполагаем, что верхний слой обочины устраивается из остатков грунта, образующихся при планировке откоса нижнего слоя обочины. Принимаем толщину нижнего слоя равной  $h_{7}^{1} = 0,21 \text{ м}$ .

Таблица 2

Номер и наименование слоя	Толщина слоя $h_i$ , м	Ширина основания слоя $b_i^0$ , м	Ширина слоя поверху $b_i^1$ , м	Средняя ширина слоя $b_i$ , м	Площадь поперечного сечения слоя $S_i$ , м <sup>2</sup>	Объем слоя $V_i$ , м <sup>3</sup>	Площадь поверхности слоя $F_i$ , м <sup>2</sup>
1. Верхний слой покрытия	0,04	7,58	7,5	7,54	0,302	603	15080
2. Нижний слой покрытия	0,06	7,7	7,58	7,64	0,458	916	15280
3. Верхний слой основания	0,08	7,86	7,7	7,78	0,622	1244	15560

Номер и наименование слоя	Толщина слоя $h_i$ , м	Ширина основания слоя $b_i^0$ , м	Ширина слоя поверху $b_i^1$ , м	Средняя ширина слоя $b_i$ , м	Площадь поперечного сечения слоя $S_i$ , м <sup>2</sup>	Объем слоя $V_i$ , м <sup>3</sup>	Площадь поверхности слоя $F_i$ , м <sup>2</sup>
4. Нижний слой основания	0,16	8,18	7,86	8,02	1,28	2566	16040
5. Дополнительный слой основания	0,26	19,04	16,77	17,9	4,65	9308	35800
6. Укрепленная часть обочины	0,12	0,75	0,75	0,75	0,18	360	1500
7. Неукрепленная часть обочины	-	-	-	-	1,98	3960	-
в. т.ч.:	0.21	4,3	4,3	-	1,98	3960	17200
7.1 Нижний слой обочины							
7.2 Верхний слой обочины	0.12	-	-	-	-*	-*	-

\* верхний слой обочины устраивается из остатков грунта, образующихся при планировке откоса нижнего слоя обочины

Площадь поперечного сечения нижнего слоя обочины равна:

$$S_7^1 = S_7 = 1,98 \text{ м}^2$$

Объем нижнего слоя обочины равен:

$$V_7^1 = S_7^1 L = 1,98 \cdot 2000 = 3960 \text{ м}^3$$

Площадь поверхности нижнего слоя обочины равна:

$$F_7^1 = 2 b_7^1 L = 4,3 \cdot 2000 = 17200 \text{ м}^2$$

Поскольку верхний слой обочины устраивается из остатков грунта, образующихся при планировке откоса нижнего слоя обочины, расчеты параметров верхнего слоя обочины не выполняем.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Определяем вычисление объема планировочных работ. Ширина наружной поверхности неукрепленной части обочины и дренирующего слоя:

$$b_{\text{бп}} = B_{\text{но}} + 2 h_{\text{зп}} \sqrt{1 + (1/m)^2} = 6 + 2 \cdot 0,505 \sqrt{1 + (1/4)^2} = 7,04 \text{ м}$$

Площадь планируемой поверхности обочины равна:  $F = b_{\text{бп}} L = 14080 \text{ м}^2$

### 3.2 Расчет потребности в дорожно-строительных материалах

Расчеты выполняют в табличной форме. Пример – см. таблицу 3.

Требуемые для устройства слоев дорожной одежды дорожно-строительные материалы определяют по сборникам ГЭСН-2001 (сборник 27) «Автомобильные дороги» или ЭСН сборник 27 или СНиП 4.02-91 сборник 27. В случае использования нетиповых конструкций дорожных одежд, при их отсутствии в вышеуказанных сборниках, состав и количество дорожно-строительных материалов определяют по специальным указаниям или рекомендациям.

Необходимое количество дорожно-строительных материалов, взятых из сборников, определяют по формуле:

$$M = (V_p / E_{и}) N_{п},$$

где  $N_{п}$  – норма потребности материала, ед. изм.;  $V_p$  – геометрический объем выполняемых работ в единицах измерения без множителя (м, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup> и т.п.);  $E_{и}$  – единица измерения, для которой дается потребность материала в сборнике, например, 1000 м<sup>2</sup> покрытия, 100 м<sup>2</sup> слоя и т.п. Рассчитанное значение  $M$  вписывается в колонку №8 таблицы 3.

Количество материала, планируемое к перевозке (отгружаемое в транспорт) на место проведения работ, определяется с учетом потерь при транспортировке:

$$M_T = M K_T,$$

где  $K_T$  – коэффициент потерь материала при транспортировке (см. таблицу 2). Это значение вписывается в колонку №9 таблицы 3.

При отсутствии в сборниках норм расхода материалов или ссылке на необходимость расчета, количество материалов следует определять по геометрическим размерам конструкции  $V_p$  с учетом коэффициента запаса на уплотнение материала  $K_y$  и потерь материалов при производстве работ  $K_n$ :

$$M = V_p K_y K_n$$

Рассчитанное значение  $M$  вписывается в колонку №8 таблицы 3.

Количество материала, планируемое к перевозке на место проведения работ, определяется с учетом потерь материалов при транспортировке  $K_m$ :

$$M_T = M K_T.$$

Значения коэффициентов  $K_y$ ,  $K_n$  и  $K_m$  приведены в таблице 2. Полученное значение  $M_T$  вписывается в колонку №9 таблицы 3.

## Расчетные коэффициенты для определения потребности в материалах

Таблица 2

Дорожно-строительные материалы	средняя плотность, т/м <sup>3</sup>	Коэффициенты		
		запаса на уплотнение $K_v$	потерь при производстве работ $K_n$	потерь материалов при транспортировке $K_m$
Пески и супеси	1,5	1,10	1,05	1,012
Щебень и смеси гравийные	1,6	1,25	1,05	1,012
Смеси золошлаковые	1,4	1,35	1,05	1,012
Смеси песчано-гравийные, отсеvy дробления	1,6	1,20	1,05	1,012
Шлаки доменные	1,4	1,45	1,06	1,015
Асфальтобетонная смесь горячая	2,4	1,2	1,03	1,012
Битум	1,02	-	-	1
Вода	1	-	-	1

Объема воды для увлажнения минеральных материалов при устройстве обочины принимать:

для песка – 5% от объема;

для песчано-гравийной смеси, дресвы – 7 %;

для шлака доменного – 15 %.

При устройстве оснований, укрепленных битумом методом смешения на дороге, содержание битума в объеме слоя принимается в соответствии с таблицей:

Вид смеси	Содержание битума, %
Крупнозернистая	5,0-6,0
Среднезернистая	6,0-8,0
Мелкозернистая	6,5-8,5
Песчаная	7,0-10,0

При устройстве оснований и покрытий из грунтов, укрепленных битумом или битумной эмульсией принимать содержание битума:

7 % - при укреплении супесей легких и тяжелых пылеватых, суглинков легких и легких пылеватых;

9 % - при укреплении суглинков тяжелых и тяжелых пылеватых, глин песчаных и пылеватых с числом пластичности не более 22.

При укреплении грунтов оснований и покрытий смешением с цементом принимать следующие величины содержания цемента:

7 % - для крупнообломочных, несцементированных грунтов, песков гравелистых крупных, средних и мелких однородных и песков пылеватых;

10 % - для супесей легких крупных, легких и тяжелых пылеватых, суглинков пылеватых и непывеватых;

5 % - для песков разнообразного состава и супесей с числом пластичности менее 3;

12 % - для суглинков тяжелых и тяжелых пылеватых;

14 % - для глин песчаных пылеватых.

**Таблица ГЭСН 27-04-007 Устройство основания из щебня фракции 40-70 мм при укатке каменных материалов с пределом прочности на сжатие до 68,6 МПа (700 кгс/см<sup>2</sup>)**

*Состав работ:*

01. Россыпь и разравнивание щебня. 02. Профилирование и планировка щебня. 03. Укатка и поливка водой.

**Измеритель 1000 м<sup>2</sup> основания**

Устройство оснований толщиной 15 см из щебня фракции 40-70 мм при укатке каменных материалов с пределом прочности на сжатие до 68,6 МПа (700 кгс/см<sup>2</sup>):

27-04-007-01 однослойных

27-04-007-02 верхнего слоя двухслойных

27-04-007-03 нижнего слоя двухслойных

27-04-007-04 На каждый 1 см изменения толщины слоя добавлять или исключать к нормам 27-04-007-01, 27-04-007-02, 27-04-007-03

Шифр ресурса	Наименование элемента затрат	Ед. измер.	27-04-007-01	27-04-007-02	27-04-007-03	27-04-007-04
<b>1</b>	Затраты труда рабочих-строителей	чел.-ч	36,96	36,63	31,75	-
1.1	Средний разряд работы		2,5	2,5	2,5	-
<b>2</b>	Затраты труда машинистов	чел.-ч	36,24	38,93	25,77	2,51
<b>3</b>	<b>МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ</b>					
030101	Автопогрузчики 5 т	маш.-ч	3,98	7,96	3,69	0,83
070149	Бульдозеры при работе на других видах строительства 79 кВт (108 л.с.)	маш.-ч	2,59	-	2,59	-
120202	Автогрейдеры среднего типа 99 кВт (135 л.с.)	маш.-ч	0,41	1,82	0,41	-
120906	Катки дорожные самоходные гладкие 8 т	маш.-ч	7,87	7,87	5,3	0,86
120907	Катки дорожные самоходные гладкие 13 т	маш.-ч	17,78	17,67	10,82	0,82
121601	Машины поливомоечные 6000 л	маш.-ч	2,96	2,96	2,96	-
121803	Распределители каменной мелочи	маш.-ч	0,65	0,65	-	-
<b>4</b>	<b>МАТЕРИАЛЫ</b>					
408-0018	Щебень из природного камня для строительных работ марка 600. фракция 10-20 мм	м <sup>3</sup>	15	15	-	-
408-0020	Щебень из природного камня для строительных работ марка 600. фракция 40-70 мм	м <sup>3</sup>	189	189	189	12,6
411-0001	Вода	м <sup>3</sup>	30	30	20	-

Рис. 4. Пример выборки данных о расходе материалов из сборника ГЭСН

## Потребность в дорожно-строительных материалах

Таблица 3

Наименование конструктивного слоя дорожной одежды	Наименование материалов	Обоснование норм расхода материалов	Единица измерения работы $E_u$	Объем работ $V_p/E_u$	Норма расхода материала $H_n$ и ед. измерения расхода материала	Поправочные коэффициенты $K_y K_n K_T$ или только $K_T$	Потребность материала $M$ на месте производства работ	Отгружаемое в транспорт количество материала $M_T$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дополнительный слой основания (песок)	Крупнозернистый песок	ГЭСН 27-04-001-1	100 м <sup>3</sup>	93,08	расчет м <sup>3</sup>	1,1 1,05 1,012	10751 м <sup>3</sup>	10966 м <sup>3</sup>
	Вода	ГЭСН 27-04-001-1	100 м <sup>3</sup>	93,08	5 м <sup>3</sup>	1	465 м <sup>3</sup>	465 м <sup>3</sup>
Нижний слой основания (устройство способом заклинки из щебня плотности до 68,6 МПа слоя толщиной 16 см)	Щебень фракции 40-70 мм марки 600	ГЭСН 27-04-007-1 ГЭСН 27-04-007-4	1000 м <sup>2</sup>	16,04	189+12,6= 201,6 м <sup>3</sup>	1,012	3234 м <sup>3</sup>	3273 м <sup>3</sup>
	Щебень фракции 10-20 мм марки 600	ГЭСН 27-04-007-1	1000 м <sup>2</sup>	16,04	15 м <sup>3</sup>	1,012	240,6 м <sup>3</sup>	243 м <sup>3</sup>
	Вода	ГЭСН 27-04-007-1	1000 м <sup>2</sup>	16,04	30 м <sup>3</sup>	1	481,2 м <sup>3</sup>	481,2 м <sup>3</sup>
Верхний слой основания (устройство слоя толщиной 8 см пропиткой битумом)	Щебень марки 1000, фракция 40-70 мм	ГЭСН 27-06-024-6	1000 м <sup>2</sup>	15,56	91,8 м <sup>3</sup>	1,012	1428 м <sup>3</sup>	1446 м <sup>3</sup>
	Щебень марки 1000, фракция 20-40 мм	ГЭСН 27-06-024-6	1000 м <sup>2</sup>	15,56	12,8 м <sup>3</sup>	1,012	199,1 м <sup>3</sup>	201,5 м <sup>3</sup>
	Битум	ГЭСН 27-06-024-5	1000 м <sup>2</sup>	15,56	8,24 т	1	128,2 т	128,2 т

Наименование конструктивного слоя дорожной одежды	Наименование материалов	Обоснование норм расхода материалов	Единица измерения работы $E_u$	Объем работ $V_p/E_u$	Норма расхода материала $H_n$ и ед. измерения расхода материала	Поправочные коэффициенты $K_y K_n K_T$ или только $K_T$	Потребность материала $M$ на месте производства работ	Отгружаемое в транспорт количество материала $M_T$
Нижний слой покрытия (слой горячей крупнозернистой пористой асфальтобетонной смеси плотностью 2,5-2,9 т/м <sup>3</sup> толщиной 6 см)	Смесь горячая асфальтобетонная крупнозернистая пористая	ГЭСН 27-06-020-6 ГЭСН 27-06-021-6	1000 м <sup>2</sup>	15,28	92,5+2*11,6 =115,7 т	1,012	1768 т	1789 т
	Битум	ГЭСН 27-06-020-6 ГЭСН 27-06-021-6	1000 м <sup>2</sup>	15,28	0,0108+ +2*0,0014= 0,0136 т	1	0,208 т	0,208 т
Верхний слой покрытия (слой горячей мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси типа Б плотностью более 3 т/м <sup>3</sup> толщиной 4 см)	Смесь горячая асфальтобетонная мелкозернистая плотная марки Б плотностью 3 т/м <sup>3</sup>	ГЭСН 27-06-020-2	1000 м <sup>2</sup>	15,08	102 т	1,012	1538 т	1556т
	Битум	ГЭСН 27- 06-020-2	1000 м <sup>2</sup>	15,08	0,0116 т	1	0,175 т	0,175 т
Неукрепленная	Песок	-	м <sup>3</sup>	3960	расчет м <sup>3</sup>	1,1 1,03 1,012	4487 м <sup>3</sup>	4540 м <sup>3</sup>

Наименование конструктивного слоя дорожной одежды	Наименование материалов	Обоснование норм расхода материалов	Единица измерения работы $E_u$	Объем работ $V_p/E_u$	Норма расхода материала $H_n$ и ед. измерения расхода материала	Поправочные коэффициенты $K_y K_n K_T$ или только $K_T$	Потребность материала $M$ на месте производства работ	Отгружаемое в транспорт количество материала $M_T$
часть обочины (земляные работы)	Вода	-	-	-	расчет $m^3$ (~5% объема грунта)	1	$0,05*4487 = 224 m^3$	$224 m^3$
Укрепленная часть обочины (слой покрытия из щебня)	Щебень марки 1000, фракция 40-70 мм	ГЭСН 27-08-001-5 ГЭСН 27-08-001-6	$1000 m^2$	1,5	$126+2*12,6 = 151,2 m^3$	1,012	$226,8 m^3$	$230 m^3$
	Щебень марки 1000, фракция 5-10 мм	ГЭСН 27-08-001-5	$1000 m^2$	1,5	$7,5 m^3$	1,012	$11,25 m^3$	$11,4 m^3$
	Щебень марки 1000, фракция 10-20 мм	ГЭСН 27-08-001-5	$1000 m^2$	1,5	$11,5 m^3$	1,012	$17,25 m^3$	$17,5 m^3$
	Материалы из отсевов дробления горных пород	ГЭСН 27-08-001-5	$1000 m^2$	1,5	$15,8 m^3$	1,012	$23,7 m^3$	$24 m^3$
	Вода	ГЭСН 27-08-001-5	$1000 m^2$	1,5	$20 m^3$	1	$30 m^3$	$30 m^3$

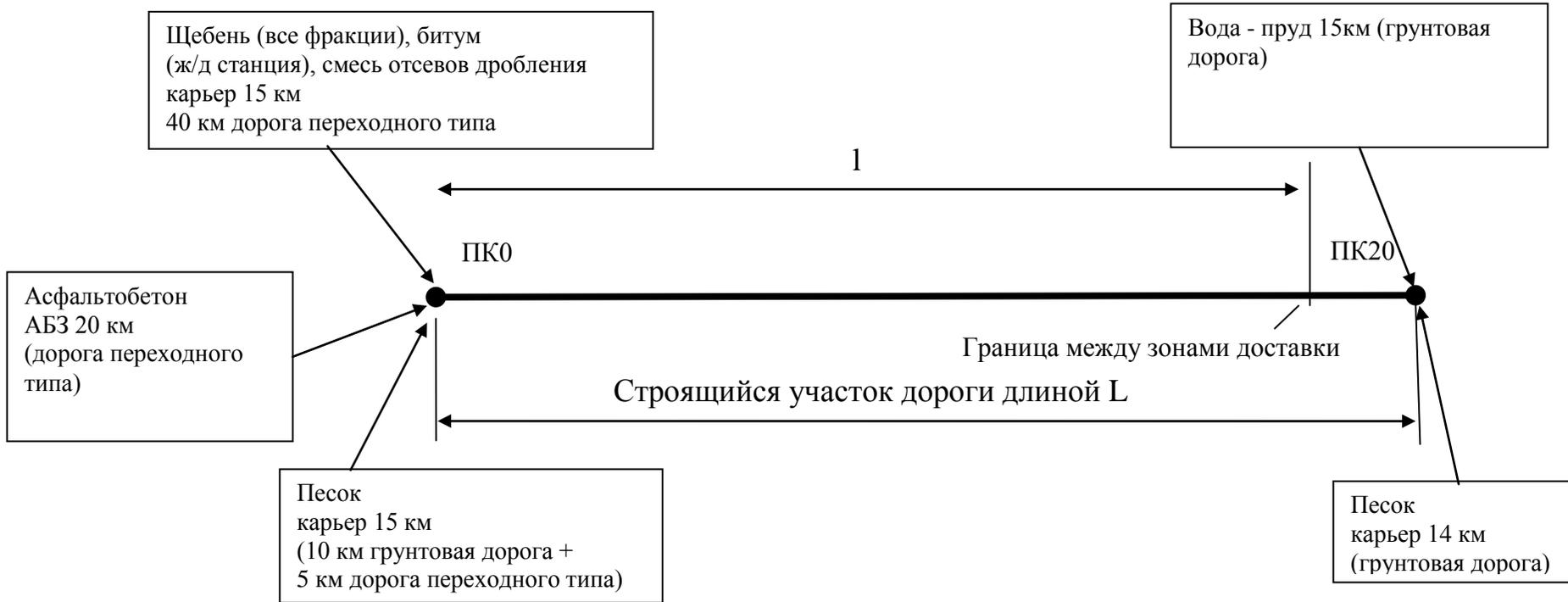


Рис. 2. Схема снабжения строящейся дороги строительными материалами (пример)

#### 4. Определение источников снабжения материалами и зон доставки материалов.

Стоимость перевозок прямо пропорционально зависит от времени перевозки:

$$C_{\text{пер}} = C_{\text{маш.ч.}} \cdot t_{\text{пер}},$$

где  $C_{\text{маш.ч.}}$  - стоимость машино-часа эксплуатации машины,

$t_{\text{пер}}$  - время перевозки, часов.

Поэтому сравнение стоимости перевозки при условии, что они осуществляются одними и теми же машинами, можно осуществлять по времени перевозки. Чем это время меньше, тем перевозки дешевле.

При наличии двух и более источников одного и того же материала, расположенных на приблизительно равном расстоянии, возникает необходимость в установлении оптимального источника материала для различных участков строящейся дороги. В этом случае, для каждого источника материала выделяется т.н. оптимальная зона доставки материалов.

В пределах оптимальной зоны доставки из источника для перевозки требуется меньшее время из двух конкурирующих вариантов доставки. Границей зоны является расстояние, в пределах которого требуется равное время на доставку.

Далее предположим, что источники снабжения материалами находятся на разных концах (с разных сторон) строящегося участка дороги. На границе оптимальных зон доставки двух сравниваемых источников выполняется равенство:

$$t_1 = t_2,$$

где  $t_1 = \sum \frac{2L_i^1}{V_i^1} + \frac{2l}{V} + 2t_{n.p.}$  - время в пути при доставке из первого источника

снабжения материалами;  $t_2 = \sum \frac{2L_i^2}{V_i^2} + 2\frac{L-l}{V} + 2t_{n.p.}$  - время в пути при доставке

из второго источника снабжения материалами; Здесь предполагается, что путь автомобиля может проходить по нескольким участкам, на каждом из которых разное дорожное покрытие, и соответственно - скорость движения.  $L_i^1$ ,  $L_i^2$  - длина  $i$ -го участка на пути из первого и второго источника соответственно;  $V_i^1$ ,  $V_i^2$  - скорость движения по этим участкам;  $L$  - длина строящегося участка дороги,  $V$  - скорость движения по нему;  $l$  - искомое расстояние от начала участка до границы зоны (см. схему снабжения),  $t_{n.p.}$  - среднее время погрузки / разгрузки.

Скорости движения могут быть приняты следующим образом:

а) при работе за городом

Группа дорог	Тип дорожного покрытия	Расчетная норма пробега автомобиля, км/ч
I	Дороги капитальные, облегченные - с усовершенствованным покрытием (асфальтобетонные, цементобетонные, брусчатые, гудронированные, клинкерные)	49
II	Дороги переходного типа - с твердым покрытием (булыжные, щебеночные, гравийные) и грунтованные улучшенные	37
III	Дороги естественные грунтованные	28

б) при работе в городе независимо от типа дорожного покрытия для автомобилей и автопоездов грузоподъемностью до 7т (автоцистерны - до 6 тыс.л) - 25 км/ч, а для 7 т (автоцистерны - 6 тыс.л) и выше - 24 км/ч.

Участок пути, проходящий вдоль строящейся дороги (по временной дороге) примем соответствующим дороге с грунтовым покрытием.

Нормы времени на погрузку и разгрузку:

Тип подвижного состава	Норма времени мин. на тонну
Для автомобилей-самосвалов	1
Для автомобилей-цистерн (налив или слив)	4

Для нахождения местоположения границы оптимальных зон доставки, необходимо подставить в вышеприведенное равенство все известные значения, кроме  $l$ , а затем из него выразить неизвестную искомую величину  $l$ .

Если в результате вычислений значение  $l$  будет отрицательным, это означает, что граница оптимальной зоны доставки находится за границей строящегося участка и весь материал выгоднее доставлять из второго источника. Если значение  $l$  будет больше  $L$ , то наоборот, весь материал выгоднее доставлять из первого источника.

В случае, если источники снабжения материалами находятся с одной стороны от строящегося участка дороги, определять границу оптимальной зоны доставки нет смысла – необходимо просто сравнить время доставки до противоположного конца дороги и выбрать вариант с меньшим временем доставки.

Время перевозки (одного цикла перевозки) в этом случае определяется как:

$$t_{\text{пер}} = \sum \frac{2L_i}{V_i} + \frac{2L}{V} + 2t_{n.p.}$$

Эта же формула используется при определении времени перевозки при наличии только одного источника снабжения материалами.

В случае же, если граница оптимальных зон доставки материалов находится в пределах дороги, время перевозки определяется вычислением времени  $t_1$  или  $t_2$  с подстановкой полученного ранее значения  $l$ .

*В рассматриваемом примере:*

Схема снабжения дорожно-строительными материалами показана на рисунке 2.

Предположим, что вдоль строящегося участка дороги движение осуществляется по временным грунтовым дорогам, поэтому средняя скорость движения по ним будет  $V=28\text{км/ч}$ .

В качестве транспортных средств для доставки всех видов материалов, кроме битума и воды примем автомобили-самосвалы грузоподъемностью 10т. В качестве транспортных средств для перевозки битума примем автогудронатор грузоподъемностью 7 т, для перевозки воды – поливомоечная машина грузоподъемностью 6 т (объемом  $6\text{ м}^3$ ).

Для песка:

$$t_1 = 2 \cdot 10/28 + 2 \cdot 5/37 + 2 \cdot l/28 + 2 \cdot 1 \cdot 10/60 = 1,31 + l/14$$

$$t_2 = 2 \cdot 14/28 + 2 \cdot (2-l)/28 + 2 \cdot 1 \cdot 10/60 = 1,47 - l/14$$

определяем границу оптимальных зон доставки:

$$1,31 + l/14 = 1,47 - l/14,$$

$$\text{Откуда } 2l/14 = 0,16 \text{ и } l = 0,16 \cdot 14/2 = 1,1 \text{ км}$$

Т.е. от начала дороги граница оптимальных зон доставки песка находится на 1,1 км правее начала дороги (ПК14). На участок дороги, находящийся левее этой точки песок выгоднее доставлять из первого (левого) карьера, на участок дороги правее этой точки – из второго (правого) карьера.

Время цикла перевозки из карьеров песка примем:

$$t_{\text{пер}} = t_1 = 1,31 + l/14 = 1,31 + 1,1/14 = 1,38 \text{ ч}$$

При перевозке щебеня (все фракции), смеси отсевов дробления

$$t_{\text{пер}} = 2 \cdot 40\text{км}/37 + 2 \cdot 2\text{км}/28 + 2 \cdot 1 \cdot 10/60 = 2,6 \text{ ч}$$

При перевозке асфальтобетона:

$$t_{\text{пер}} = 2 \cdot 20\text{км}/37 + 2 \cdot 2\text{км}/28 + 2 \cdot 1 \cdot 10/60 = 1,6 \text{ ч}$$

При перевозке воды:

$$t_{\text{пер}} = 2 \cdot 15\text{км}/28 + 2 \cdot 2\text{км}/28 + 2 \cdot 6 \cdot 4/60 = 2 \text{ ч}$$

При перевозке битума

$$t_{\text{пер}} = 2 \cdot 40\text{км}/37 + 2 \cdot 2\text{км}/28 + 2 \cdot 7 \cdot 4/60 = 3,5 \text{ ч}$$

## 5. Определение продолжительности строительства.

### 5.1 Дорожно-климатический график.

Существует ряд ограничений на выполнение дорожно-строительных работ в зависимости от температуры окружающей среды в месте строительства. По этому признаку технологические процессы подразделяются на группы, указанные в таблице 4.

Наиболее одним из способов определения периодов года, в течение которых можно выполнять те или иные работы, является метод построения и анализа дорожно-климатического графика.

Для построения дорожно-климатического графика необходимо собрать следующие данные по району строительства:

1. Среднемесячная температура (по СП 131.13330.2012 - таблица 5) или для большей точности графика - среднедекадная температура (по справочнику «Климат России»);
2. Средние декадные суммы осадков (по справочнику «Климат России»);
3. Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке (по справочнику «Климат России»);
4. Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше  $0^{\circ}\text{C}$  (по справочнику «Климат России»);
5. Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше  $5^{\circ}\text{C}$  (по справочнику «Климат России»);
6. Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше  $10^{\circ}\text{C}$  (по справочнику «Климат России»);
7. Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше  $15^{\circ}\text{C}$  (по справочнику «Климат России»);
8. Данные о продолжительности светового дня. Для определения можно использовать таблицу 13. В этом случае предварительно необходимо узнать широту, на которой находится город.

Справочник «Климат России» выходит периодически доступен в электронном виде на сайте «<http://meteo.ru/>».

*Пример исходных данных для построения дорожно-климатического графика для района строительства – г. Смоленск приведены в таблицах 5-12.*

График строится путем нанесения точек с координатами – по горизонтали – месяц или декада месяца ( $1/3$  часть месяц = 10 дней), по вертикали – температура, высота снежного покрова, сумма осадков или продолжительность светового дня (для каждой из этих величин вводится своя независимая

от других шкала). По шкале времени значения откладываются от середины соответствующей месяцу или декаде колонки. Затем соседние точки соединяются друг с другом отрезками, за исключением суммы осадков, для которых строится столбчатая диаграмма.

#### Классификация дорожно-строительных работ по температуре окружающей среды

Таблица 4

Группа работ	Перечень работ	Среднесуточная температура
0	Очистка дорожной полосы от леса. Строительство искусственных сооружений. Выторфовка болот. Сосредоточенные земляные работы	Не ограничивается
I	Очистка дорожной полосы от пней, растительного слоя. Линейные земляные работы. Устройство слоев дорожной одежды из необработанных каменных материалов и песка. Устройство ограждений, разметка проезжей части.	Не ниже 0 °С
II	Строительство слоев дорожной одежды из асфальтобетонных и цементобетонных смесей, из грунтов и минеральных материалов, обработанных вяжущими в установках: из грунтов, обработанных неорганическим вяжущим смешением на дороге.	Не ниже +5 °С весной и +10 °С осенью
III	Строительство слоев дорожной одежды из минеральных материалов и грунтов, обработанных органическим вяжущим смешением на дороге	Не ниже +10 °С
IV	Устройство поверхностных обработок. Устройство слоев дорожной одежды из щебня, обработанного битумом методом пропитки.	Не ниже +15 °С

Пример построения дорожно-климатического графика приведен ниже.

По дорожно-климатическому графику выполняются построения, позволяющие определить:

- даты начала и окончания строительных сезонов (при отсутствии исходных данных №4-7;
- даты, необходимые для определения сезона распутицы;
- количество смен работы в различные периоды в зависимости от длительности светового дня.

## Среднемесячная температура в °С по СП 131.13330.2012

Таблица 5

Месяц	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Среднемесячная температура °С	-7,5	-6,9	-1,8	5,9	12,4	15,8	17,4	16,0	10,7	5,0	-0,8	-5,2

## Форма 1.2.9. Средние декадные суммы осадков за период 1971-2000 гг.(мм)

Таблица 6

Индекс ВМО	Название станции	У Г М С	Шир	Долг	Выс	Республика, область	Примечание	Декада	Месяц											
									Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сен.	Окт.	Нояб	Дек.
26781	Смоленск	8	54.75	32.07	236	Смоленская обл.		1	17	13	14	15	19	26	34	25	27	20	20	16
								2	12	15	11	14	16	32	37	22	26	18	17	20
								3	16	11	15	12	21	30	30	22	24	20	19	19

## Форма 1.2.10. Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке за период 1971-2000 гг.(мм)

Таблица 7

Индекс ВМО	Название станции	У Г М С	Шир	Долг	Выс	Республика, область	Примечание	Месяц																																
								Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь .					
								1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
26781	Смоленск	8	54.75	32.07	236	Смоленская обл.											14			18	19		23	26		30	27													

Форма 2.18.1. Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше 0°C

Таблица 8

Индекс ВМО	Название станции	Номер строки	Начало			Окончание			Продолжительность (дни)		
			Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Минимальная	Максимальная
26781	Смоленск	1	22 III	21 II	10 IV	14 XI	13 X	19 XII	238	201	292
		2		(1990)	(1969)		(1976)	(2006)		(1976)	(2008)

Форма 2.18.2. Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше 5°C

Таблица 9

Индекс ВМО	Название станции	Номер строки	Начало			Окончание			Продолжительность (дни)		
			Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Минимальная	Максимальная
26781	Смоленск	1	14 IV	17 III	4 V	18 X	24 IX	10 XI	187	158	222
		2		(1990)	(1981)		(1977)	(1967)		(1986)	(2007)

Форма 2.18.3. Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше 10°C

Таблица 10

Индекс ВМО	Название станции	Номер строки	Начало			Окончание			Продолжительность (дни)		
			Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Минимальная	Максимальная
26781	Смоленск	1	3 V	17 IV	29 V	22 IX	31 VIII	11 X	141	117	162
		2		(2000)	(1974)		(1987)	(1974)		(2008)	(1975)

Форма 2.18.4. Даты начала, окончания и продолжительность сезона со среднесуточной температурой устойчиво выше 15°C

Таблица 11

Индекс ВМО	Название станции	Номер строки	Начало			Окончание			Продолжительность (дни)		
			Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Минимальная	Максимальная
26781	Смоленск	1	6 VI	4 V	30 VI	23 VIII	3 VIII	11 IX	78	39	119
		2		(1975)	(1969)		(1976)	(2002)		(1976)	(1996)

Длительность светового дня (определена по таблице 13)

Таблица 12

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
7:33	9:23	11:28	13:50	15:55	17:21	17:03	15:19	13:06	10:51	8:38	7:13

## 7.8. Среднее число дней с различным количеством осадков

Индекс ВМО	Название станции	Месяц, Год	Количество осадков, мм							
			=0.0	>=0.1	>=0.5	>=1.0	>=5.0	>=10.0	>=20.0	>=30.0
26781	Смоленск	1	11.28	19.37	14.25	10.46	2.03	0.35	0.01	0.00
		2	11.52	16.73	12.21	9.23	2.30	0.45	0.01	0.00
		3	16.11	14.89	11.59	9.17	2.41	0.51	0.04	0.00
		4	17.68	11.48	9.30	7.69	2.62	0.86	0.07	0.00
		5	17.90	12.66	10.87	9.38	3.92	1.49	0.27	0.07
		6	16.13	13.44	11.79	10.10	5.04	2.38	0.69	0.23
		7	17.08	13.77	12.23	10.94	5.34	2.80	0.90	0.32
		8	17.80	13.20	11.52	9.86	4.68	2.55	0.94	0.31
		9	17.08	12.92	11.25	9.70	4.01	1.75	0.44	0.17
		10	15.87	15.13	12.24	9.93	3.56	1.46	0.27	0.06
		11	12.37	17.63	13.82	10.90	3.37	1.03	0.14	0.00
		12	10.17	20.83	15.25	11.39	2.82	0.46	0.00	0.00
		13	181.00	182.04	146.32	118.76	42.08	16.10	3.79	1.15

Долгота дня на различных широтах для территории РФ.

Таблица 13

Дата	Сев. ши- рота	34°	40°	46°	52°	58°	64°
	День месяца	ч мин					
Январь	1	9 54	9 23	8 43	7 51	6 36	4 27
	11	10 04	9 34	8 56	8 08	6 58	5 05
	21	10 16	9 49	9 15	8 32	7 31	5 59
Февраль	1	10 34	10 10	9 42	9 06	8 18	7 06
	11	10 51	10 33	10 10	9 42	9 04	8 10
	21	11 10	10 58	10 40	10 21	9 53	9 16
Март	1	11 27	11 18	11 06	10 52	10 33	10 08
	11	11 48	11 44	11 39	11 32	11 24	11 12
	21	12 10	12 12	12 12	12 12	12 15	12 18
Апрель	1	12 32	12 38	12 48	12 57	13 10	13 38
	11	12 53	13 05	13 19	13 38	14 02	14 34
	21	13 13	13 30	13 51	14 16	14 50	15 40
Май	1	13 32	13 54	14 21	14 52	15 37	16 46
	11	13 50	14 15	14 47	15 28	16 23	17 52
	21	14 04	14 34	15 10	15 58	17 04	18 56
Июнь	1	14 16	14 48	15 30	16 24	17 42	20 00
	11	14 23	14 58	15 42	16 38	18 04	20 44
	21	14 26	15 01	15 46	16 45	18 11	21 00
Июль	1	14 23	14 58	15 42	16 40	18 03	20 45
	11	14 16	14 49	15 30	16 24	17 42	20 04
	21	14 06	14 36	15 14	16 02	17 10	19 07
Август	1	13 50	14 16	14 48	15 29	16 29	17 58
	11	13 32	13 56	14 20	14 56	15 43	16 53
	21	13 14	13 32	13 53	14 20	14 55	15 48
Сентябрь	1	12 53	13 05	13 20	13 38	14 03	14 36
	11	12 32	12 40	12 48	13 00	13 13	13 32
	21	12 12	12 14	12 17	12 20	12 23	12 28
Октябрь	1	11 50	11 47	11 44	11 40	11 34	11 24

Дата	Сев. широта / День месяца	34°	40°	46°	52°	58°	64°
		ч мин					
	11	11 29	11 20	11 11	11 00	10 43	10 20
	21	11 09	10 56	10 40	10 20	9 54	9 15
Ноябрь	1	10 49	10 29	10 06	9 34	9 01	8 05
	11	10 31	10 07	9 40	9 02	8 14	7 02
	21	10 16	9 48	9 15	8 32	7 33	6 01
Декабрь	1	10 04	9 34	8 56	8 08	6 59	5 05
	11	9 56	9 23	8 43	7 51	6 36	4 28
	21	9 54	9 20	8 36	7 45	6 28	4 12

Примечание: Промежуточные значения определяются интерполяцией.

Даты начала и окончания строительных сезонов определяются путем проецирования точек с температурами 0, 5, 10 и 15°C на шкалу времени. Если график построен точно в масштабе, можно определить день начала и окончания сезона с точностью до дня. Так же эти даты точно можно определить по исходным данным №4-7.

Даты начала и окончания сезона с двухсменной работой можно определить, построив горизонтальную линию на уровне продолжительности дня 16 ч, и спроецировав точки пересечения этой линии с графиком продолжительности светового дня на шкалу времени (в рассматриваемом примере – с 15.05 по 03.08)

Продолжительность сезонов распутицы определяют следующим образом:

$$T_p = Z_k - Z_n,$$

где  $Z_k$  – дата начала распутицы,  $Z_n$  – дата окончания распутицы.

Для весенней распутицы:

$$Z_n = Z_{0^\circ\text{C}} + 5/\alpha,$$

$$Z_k = Z_n + 0,7 \cdot h/\alpha,$$

где  $Z_{0^\circ\text{C}}$  – дата перехода температуры через 0°C весной;  $\alpha$  – скорость оттаивания грунта  $\alpha=1-3$  см/сут (большее значение для северных районов и глинистых грунтов),  $h$  – глубина промерзания грунта в районе строительства в см.

Для осенней распутицы:

$$Z_n = Z_{3^\circ\text{C}},$$

$$Z_k = Z_{0^\circ\text{C}},$$

где  $Z_{0^{\circ}\text{C}}$  – дата перехода температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  осенью,  $Z_{3^{\circ}\text{C}}$  – дата перехода температуры через  $+3^{\circ}\text{C}$  весной (определяется по графику).

Глубину промерзания (нормативную глубину промерзания) можно определить по формуле СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»:

$$h = d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t},$$

где  $M_t$  – сумма абсолютных значений среднемесячных температур за зиму в данном районе (для трех зимних месяцев);  $d_0$  – величина, принимаемая для суглинков и глин – 0,23; супесей, песков мелких и пылеватых – 0,28; песков гравелистых, крупных и средней крупности – 0,3; крупнообломочных грунтов – 0,34.

*В рассматриваемом примере:*

*Для суглинков  $d_0=0,23$ . Глубина промерзания грунтов:*

$$h = 0,23 \sqrt{(7,5 + 6,9 + 5,2)} = 1,23 \text{ м} = 123 \text{ см}$$

*Даты начала и окончания распутицы:*

*Весенней:*

$Z_{0^{\circ}\text{C}} = 22$  марта (по исходным данным),  $\alpha=2$

$Z_{\text{н}} = 22$  марта +  $5/2$  дней = 25 марта

$Z_{\text{к}} = 25$  марта +  $(0,7 \cdot 123 \text{ см} / 2)$  дней = 07 мая

*Осенней:*

$Z_{\text{н}} = 25$  октября (по исходным данным)

$Z_{\text{к}} = 14$  ноября (определено по дорожно-климатическому графику)

Далее, по известным датам начала и окончания строительных сезонов для каждой группы работ за вычетом периодов распутицы, когда работы не производятся, отмечают штриховкой в нижней части дорожно-климатического графика полосы, соответствующие периоду проведения работ.

## 5.2. Определение общей продолжительности строительства

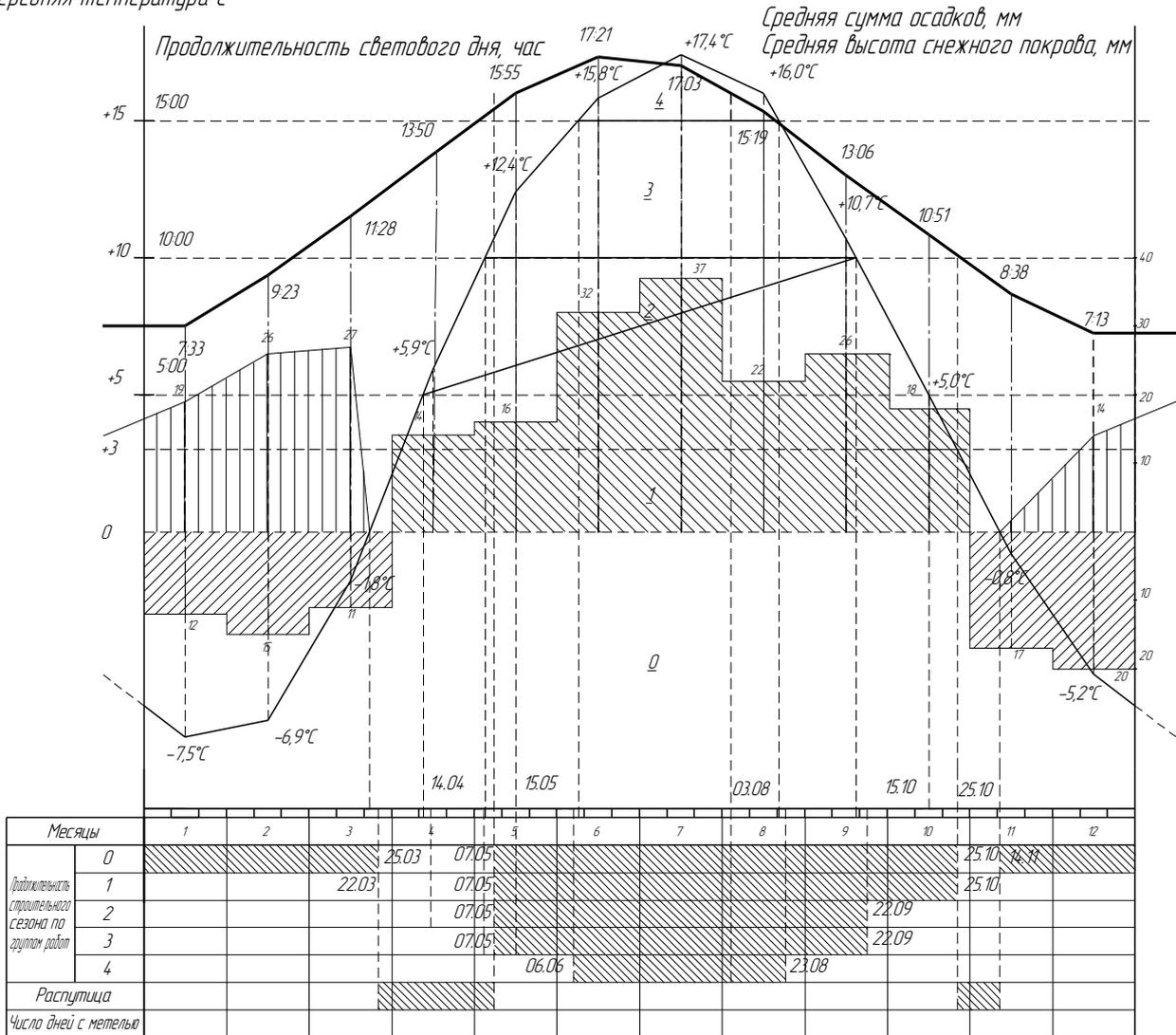
Общая продолжительность строительства дороги может быть определена (если она не задана заказчиком) по СНиП 1.04.03.-85 «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений» (Часть 2, раздел В, п.5 «Дорожное хозяйство»). Для этого необходимо найти пункт СНиП, соответствующий категории строящейся дороги и выписать данные по продолжительности для длины дороги близкой к длине строящейся дороги. Точное значение продолжительности определяется интерполяцией значений или экстраполяцией.

Соотношение между отдельными видами работ в процентах примерно следующее:

- подготовительные работы 1...3%

- земляное полотно 15...40%
- мосты и другие искусственные сооружения 8...12%
- дорожная одежда 40...60%
- обстановка пути 3...5%
- здания дорожно-эксплуатационной службы 1...2%

Средняя температура °С



Условные обозначения:

- среднемесячная сумма осадков
- высота снежного покрова
- длительность светового дня
- температура окружающей среды

Рис. 3 Дорожно-климатический график (для г. Смоленска)

*Для рассматриваемого примера:*

*Данные по продолжительности из СНиП 1.04.03.-85 для дороги II категории:*

*При длине 5 км - 12 мес.*

*При длине 10 км – 18 мес.*

*Определяем продолжительность строительства дороги длиной 2 км экстраполяцией:*

$$T_{\text{общ}} = 12 - (5 - 2) / (10 - 5) \cdot (18 - 12) = 12 - 3,6 = 8,4 \text{ мес.}$$

По нормативной длительности можно спланировать проведение работ и выяснить – будет ли идти строительство в течение одного года, или нескольких лет.

*Для рассматриваемого примера: строительство будет осуществляться в пределах одного строительного сезона (года).*

Определить продолжительность возведения дорожной одежды можно приближенно – по описанным выше процентным соотношениям между видами работ.

*Для рассматриваемого примера:*

*Продолжительность строительства дорожной одежды занимает 40-60% времени, т.е.:*

$$T = 40\% \cdot 8,4 \dots 60\% \cdot 8,4 = 3,36 \dots 5,04 \text{ мес} = 101 \dots 152 \text{ дней. Принимаем в среднем } T = 127 \text{ дней}$$

## **6. Расчет скорости потока по устройству дорожной одежды и обочины. Подсчет необходимых ресурсов для выполнения работ и формирование специализированных отрядов**

### **6.1. Определение состава работ для строительства слоев дорожной одежды и обочин, и числа захваток**

Состав работ зависит от числа, видов слоев дорожной одежды и обочин, технологии их устройства. Типовой состав работ для различных слоев дорожной одежды и способов их устройства приведены в Приложении Б.

Вышеперечисленные работы с разделением на захватки вписывают в первые две колонки таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А).

В третью и четвертую колонки вписывают объемы работ и их единицы измерения. Объемы работ в м<sup>3</sup> принимают по таблице 1 (объемы слоев, обозначенные «V»). Массы перевозимых в автомобилях-самосвалах материалов определяют расчетом, путем умножения объема материала из таблицы 2 на плотность материала (плотности – см. таблицу 2). Объемы работ в м<sup>2</sup> обрабатываемой поверхности принимают в зависимости от обрабатываемого слоя по результатам таблицы 1 (площади поверхности слоя F).

*Для рассматриваемого примера состав работ приведен в Приложении А.*

## 6.2. Определение продолжительности работ и минимальной длины захватки

Выполнение работ планируется поточным методом одинаковым темпом работ на каждой захватке. В этом случае продолжительность работ на каждой захватке  $T_p$  определяется как:

$$T^1 = T_{\text{общ}} - N_p,$$

где  $T_{\text{общ}}$  – общая продолжительность работ,  $N_p = \sum t_{ni} + \sum t_{pi}$  – период развертывания потока работ на всех захватках,  $t_{ni}$  – разрыв между началом работ на  $i$  –й захватке и последующей захваткой (кроме последней). Обычно принимаются равными 1 смене. Но поскольку пока точно неизвестно, в какие дни работа будет осуществляться в одну смену, в какие – в две или более смены, примем наихудший вариант 1 смена = 1 дню, т.е. разрыв  $t_{ni} = 1$  дню;  $t_{pi}$  – организационные и технологические разрыв между работами на захватках.

Технологические и организационные перерывы обычно принимаются равными:

10-25 дней – после обработки пропиткой для формирования слоя;

7-30 дней – при укреплении основания битумом смещением на дороге для формирования слоя;

7-30 дней – при устройстве слоя из щебня, обработанного вяжущим смещением в установке (черного щебня) - для формирования слоя;

Иногда, при необходимости, делают организационный перерыв между отдельными потоками по устройству оснований и обочин для компенсации возможных задержек работ на захватках продолжительностью в 1 день.

*В рассматриваемом примере:*

*Для каждой захватки принимаем разрыв 1 смену и технологический перерыв 25 дней для формирования слоя после обработки пропиткой:*

*Всего:  $N_p = \sum t_{ni} + \sum t_{pi} = 1 * 8 + 25 = 33$  дня.*

*Определим продолжительность работ на каждой захватке исходя из нормативной продолжительности строительства:*

$$T^1 = T_{\text{см}} - N_p = 127 - 33 = 94 \text{ дня.}$$

При выполнении работ по устройству слоев дорожной одежды необходимо соблюдать температурные режимы, которые определяются группой работ (см. раздел выше - построение дорожно-климатического графика).

*В рассматриваемом примере разделение работ на группы работ:*

*1 группа – дренирующий слой, нижний слой основания, неукрепленная часть обочины, укрепленная часть обочины*

*2 группа – асфальтобетонные покрытия*

*4 группа – верхний слой основания (пропитка)*

В соответствии с этими данными строят график производства работ по этапам работ (см. рисунок 4). В правой части вычерчивают линии, обозначающие время проведения работ на захватках (условно, поскольку продолжительность пока неизвестна) со смещением начала работ в соответствии с определенными ранее разрывами.

Во вторую и третью колонки записывают даты начала и окончания сезонов работ (в зависимости от определенной выше принадлежности к группе работ) по данным дорожно-климатического графика.

В четвертую колонки записывают даты начала работ с учетом разрывов между началом работ на каждой последующей захватке (для первой захватки принимается дата начала соответствующего выполняемым работам строительного сезона – из колонки 2). При этом необходимо следить, чтобы рассчитанные даты были в пределах строительного сезона для выполняемых на захватке работ (сравнить с колонкой 2). Если дата выходит за эти пределы, то в качестве даты наиболее раннего начала работ необходимо принять дату начала строительного сезона.

Аналогично рассчитывается колонка №5, только в обратном порядке – начиная от конечной даты строительного сезона на последней захватке. Если оказывается, что дата выходит за пределы строительного сезона, необходимо в качестве даты наиболее позднего окончания работ принять дату окончания строительного сезона.

В колонке №6 записывают разность в днях работы между датой наиболее позднего окончания работ и датой наиболее раннего начала работ.

В качестве продолжительности работ на захватках принимают минимальное значение(ния) из колонки №6.

$$T^2 = \min(T).$$

Если нормативный срок строительства дороги охватывает период более одного года и включает в себя два или более летних сезона, значение  $T^2$  умножается на число этих сезонов (удваивается, утраивается и т.д.)

*Для рассматриваемого примера:*

*График производства работ по этапам работ приведен и расчет числа рабочих смен для видов работ – приведен в таблице 17.*

*По результатам расчетов, проведенных в таблице на рис. 4, видно, что в качестве продолжительности работ на захватке необходимо взять продолжительность устройства верхнего слоя основания методом пропитки:  $T^2 = \min(T) = 78$  дней.*

Сравнив величины  $T^1$  и  $T^2$ , окончательно принимаем минимальное из них значение:

$$T = \min(T^1, T^2)$$

Зная продолжительность работ на захватке, вычисляем общую продолжительность работ как:

$$T_{\text{общ1}} = T + N_p$$

*Для рассматриваемого примера:*

$$T = \min(94; 78) = 78 \text{ дней}$$

*Общая продолжительность работ равна:*

$$T_{\text{общ1}} = T + N_p = 78 + 33 = 111 \text{ дней.}$$

Для определения числа рабочих дней  $T_{pd}$  из числа дней строительного сезона  $T$  вычитаются:

1. выходные и праздничные дни  $T_{\text{вых}}$  (по календарю для года строительства. Обычно, при пятидневной рабочей неделе, принимают их число равным  $2/7 = 29\%$  от общего количества дней);
2. дни с сильными осадками  $T_{oc}$  (можно определить по таблице 14);
3. дни простоя из-за ремонта техники  $T_{nm}$  (можно определить по таблице 15).

$$\text{Т.е: } T_{pd} = T - T_{\text{вых}} - T_{oc} - T_{nm}.$$

При вычислении числа дней простоя из-за ремонта техники, рассчитывают их количество пропорционально числу дней строительного сезона в году.

*В рассматриваемом примере:*

*Число дней простоя по погодным условиям (II зона, суглинки): 8%.*

*Число дней простоя из-за ремонта техники (II зона, европейская часть): 17 дней в году или  $17/365 * 100\% = 4,7\%$ .*

*Таким образом, число рабочих дней равно:*

$$T_{pd} = 78 - 78 * 29\% - 78 * 8\% - 78 * 4,7\% = 78 - 33 = 45 \text{ дней.}$$

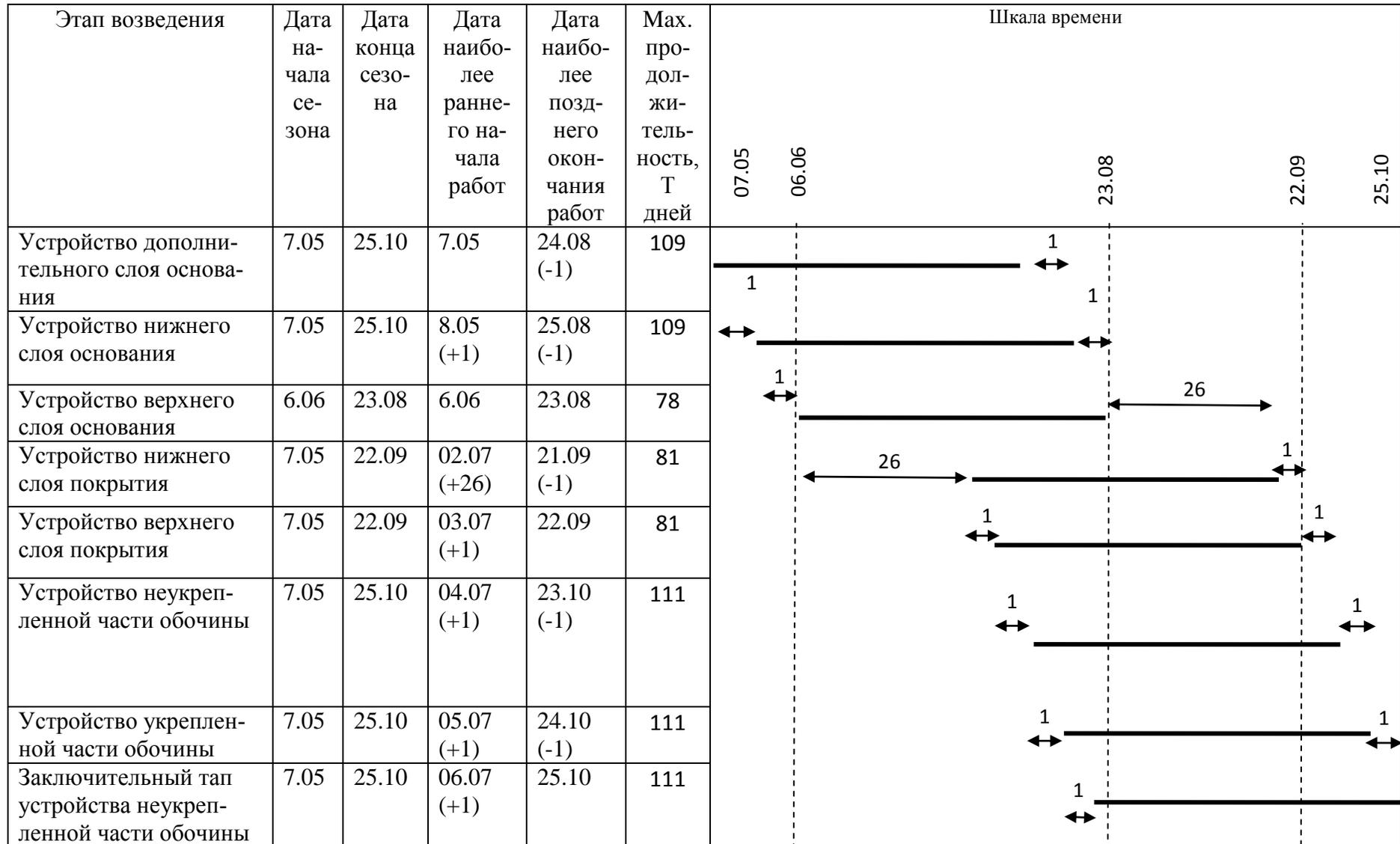


Рис. 4 График производства работ по этапам

## Число дней с осадками в течении года

Таблица 14

Дорожно-климатическая зона	Число дождливых дней, %	
	Глинистые и суглинистые грунты	Песчаные и супесчаные грунты
I	11	5
II	8	4
III	5	3
IV	4	2
V	3	1
Горы и предгорья	7	4

## Число дней в году на ремонт строительной техники

Таблица 15

Дорожно-климатическая зона	Местность	Число дней на ремонт техники
I	Европейская часть	10
	Сибирь	13
	Дальний восток	7
II	Европейская часть	17
	Сибирь	12
	Дальний восток	17
III	Европейская часть	17
	Сибирь	14
	Дальний восток	17
IV	Европейская часть	21
	Сибирь	14
V	Европейская часть	21
	Сибирь	12

Перевод числа рабочих дней в число рабочих смен осуществляют, перемножая их на коэффициент сменности:

$$T_p = T_{рд} K_{см},$$

где  $K_{см} = (T_{2см} + T_{общ1}) / T_{общ1}$  – отношение числа дней с учетом дней с двухсменным режимом работы к общему числу дней работы.

Число дней с двухсменным режимом работы  $T_{2см}$  определяют по дорожно-климатическому графику, посчитывая число дней с продолжительностью светового дня более 16 часов, либо назначают директивно. Число дней вычисляют за вычетом нерабочих дней, дней простоя по погодным условиям и простоя из-за ремонта техники.

*В рассматриваемом примере:*

По дорожно-климатическому графику, дни с продолжительностью светового дня более 16 часов начинаются с 6.06 и заканчиваются 3.08. Всего таких дней - 58. Число дней с двухсменной работой за вычетом нерабочих дней, дней простоя по погодным условиям и простоя из-за ремонта техники будет равно:  $58 - 58 * 29\% - 58 * 8\% - 58 * 4,7\% = 58 - 24 = 34$  дня.

Коэффициент сменности:  $K_{см} = T_{2см} / T_{общ1} = (34 + 111) / 111 = 1,3$

Число рабочих смен равно:  $T_p = T_{рд} K_{см} = 45 * 1,3 = 59$  смен.

Подсчет необходимых ресурсов для выполнения работ и формирование специализированных отрядов

### 6.3. Определение длины захватки и минимального объема работ на захватке

Минимальная длина захватки определяется по формуле:

$$l_{захв, min} = L / T_p,$$

где  $L$  – длина дороги.

Все величины, присутствующие в этой формуле, записываются в колонки №5,6,7 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А). Эти колонки содержат одинаковые значения для всех строк.

При этом для нормальных условий для движения техники на захватке, необходимо учесть, что длина захватки должна быть не менее 100-150 м.

Если длина по расчету оказалась меньше этих значений, длину захватки принимают равной 100-150 м, и производят расчет длительности работ на захватках:

$$T_p = L / l_{захв, min}$$

Это значение принимается в качестве максимальной продолжительности работ на захватке и записывается в колонку №6 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А).

*Для рассматриваемого примера:*

*Минимальная длина захватки:*

$$l_{захв, min} = L / T_p = 2000 / 59 = 34 \text{ м,}$$

*что меньше минимально допустимой длины 100-150 м, поэтому принимаем:*

$$l_{захв, min} = 125 \text{ м}$$

*В результате, максимальная длительность работ на захватках составит:*

$$T_p = L / l_{захв, min} = 2000 / 125 = 16 \text{ смен.}$$

Минимальный объем работ на каждой захватке определяется по формуле:

$$V_{захв, min} = V / T_p,$$

где  $V$  – общий объем работ на захватке,  $T_p$  – максимальная длительность работ на захватках.

Результаты определения объемов работ записываются в колонку №8 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А).

*Для рассматриваемого примера результаты расчетов приведены в Приложении А.*

#### **6.4. Выбор моделей машин для выполнения работ и определение их производительности. Определение производительности рабочих звеньев**

Для проведения работ по устройству слоев дорожной одежды можно выбрать любую современную модель соответствующей дорожно-строительной техники, воспользовавшись материалами, приведенными на интернет-сайтах производителей. Список основных производителей дорожно-строительной техники и формулы для определения их производительности приведены в Методических рекомендациях по определению производительности строительных машин.

Для каждого выбранного вида техники необходимо привести наименование с перечнем основных технических характеристик (показателей). Наименование выбранной техники для каждого вида работ записывается в колонку №8 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А)

Для условий работы машин, соответствующим приведенным в колонке 2 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А) необходимо произвести расчет производительности. Т.е. учитывается ширина устраиваемого слоя, выбранная длина захватки, указанное в таблице число проходов, время доставки материала и т.п. Все расчеты производительности записываются в пояснительной записке, последовательно нумеруются и на них делается ссылка в столбце №9 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А). Вычисленное значение производительности записывается в столбце №10.

Состав звена для проведения ручных работ (работа «Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную») принимается по ЕНиР сборнику Е17 (работа «Окончательная планировка оснований и покрытий под укатку после механизированного разравнивания»). Для расчета производительности применяется формула пересчета нормы времени в производительность:

$$П = E_p / (N_{вр} / (N_{раб} \cdot 8)),$$

где  $E_p$  – единица измерения работ по ЕНиР,  $N_{вр}$  – норма времени на выполнение единицы работ по ЕНиР,  $N_{раб}$  – число рабочих в звене по ЕНиР.

Для рассматриваемого примера были выбраны образцы дорожно-строительной техники, наименование и параметры которых приведены в таблицах 18-26.

### Самоходный каток

Таблица 18

Показатель	Значение показателя	
Модель катка	RV-7,0 DS-01	RC-13DD
Производитель	ОАО «Раскат», Россия	ОАО «Раскат», Россия
Тип катка	Вибрационный комбинированный	Статический трехвальцовый
Ширина уплотняемой полосы	1,7 м	2,1 м
Максимальная рабочая скорость	6 км/ч	10 км/ч
Масса катка без балласта	7,5 т	13 т
Масса катка с балластом	7,5 т	13 т
Радиус разворота минимальный	7,15 м	7 м

### Автогрейдер

Таблица 19

Показатель	Значение показателя
Модель автогрейдера	ГС-14.02
Производитель	ОАО «Брянский арсенал», Россия
Длина отвала	3,74 м
Высота отвала	0,62 м
Радиус поворота	7,5 м
Мощность двигателя	99 кВт (135 л.с.)
Масса грейдера	13,57 т

## Экскаватор

Таблица 20

Показатель	Значение показателя
Модель экскаватора	РС400-7
Производитель	Комatsu, Япония
Тип экскаватора	Гидравлический, обратная лопата
Объем ковша	1,6 м <sup>3</sup>
Длина стрелы (рукояти)	2,4 м
Макс. радиус резания грунта	11,08 м
Макс. высота резания грунта	10,31 м
Макс. глубина резания грунта	6,845 м
Макс. высота разгрузки	7,07 м
Радиус поворота	7,5 м
Мощность двигателя	259 кВт (347 л.с.)
Масса	41,4 т

## Автомобиль-самосвал

Таблица 21

Показатель	Значение показателя
Модель	552800
Производитель	КАМАЗ, Россия
Базовый автомобиль	КАМАЗ-53605 4x2
Объем кузова	15,35 м <sup>3</sup>
Грузоподъемность	10т
Полная масса	19,9 т
Максимальная рабочая скорость	80 км/ч
Радиус поворота	8 м
Мощность двигателя	206 кВт (280 л.с.)

## Поливомоечная машина

Таблица 22

Показатель	Значение показателя
Модель машины	КО-713Н
Производитель	ОАО «Михневский РМЗ», Россия
Базовый автомобиль	ЗИЛ-494560
Объем цистерны	6 м <sup>3</sup>
Ширина рабочей зоны при поливке	20 м
Ширина рабочей зоны щетки	2,5 м
Полная масса	11,2 т
Максимальная скорость	90 км/ч
Радиус поворота	6,9 м
Мощность двигателя	110 кВт (150 л.с.)

## Автогудронатор

Таблица 23

Показатель	Значение показателя
Модель машины	БЦМ-65
Производитель	Машиностроительный завод «Бецема», Россия
Базовый автомобиль	КАМАЗ-65115 6x4
Объем цистерны	8 м <sup>3</sup>
Вместимость цистерны	7 т
Система подогрева вяжущего	Газовая горелка
Ширина распределения вяжущего	2,5 – 4,2 м
Полная масса	19,2 т
Максимальная скорость	80 км/ч
Радиус поворота	10 м
Мощность двигателя	110 кВт (150 л.с.)

## Щебнераспределитель

Таблица 24

Показатель	Значение показателя
Модель машины	БЦМ-70
Производитель	Машиностроительный завод «Бецема», Россия
Тип машины	Прицепной щебнераспределитель
Производительность мак- симальная	125 т/ч
Максимальная ширина россыпи	3 м
Объем бункера	1,5 т
Масса	1,5 т

## Асфальтобетонный завод

Таблица 25

Показатель	Значение показателя
Модель	LBY1000
Производитель	Tanan Yueshou Road Building Machinery co.ltd, Китай
Тип	Мобильный асфальтобетонный завод
Максимальная производи- тельность	80 т/ч
Мощность	290 кВт (дизельное топливо, мазут)

## Асфальтоукладчик

Таблица 26

Показатель	Значение показателя
Модель машины	SUPER 1600-3
Производитель	VÖGELE, Германия
Тип	Гусеничный, с вибрационной выглажи- вающей плитой и подогревом
Ширина укладываемой полосы	2,55 – 7,5м
Толщина укладываемого слоя	до 30 см
Скорость укладки	0 - 22 м/мин
Транспортная скорость	До 4,5 км/ч
Объем приемного бункера	13 т
Мощность двигателя	116 кВт
Масса	18,1 т

Показатель	Значение показателя
Модель машины	SUPER 1600-3
Производитель	VÖGELE, Германия
Наличие выглаживающей виброплиты	есть

*Расчеты производительности этих машин для длины захватки 125м приведены ниже.*

*Для захваток, на которых осуществляется устройство асфальтобетонного покрытия учтено, что захватка разделяется на участки в соответствии с Методическими рекомендациями по определению производительности строительных машин.*

Определение производительности звеньев дорожных рабочих при выполнении ручной работы «Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную»:

Для песка:

$E_p = 100 \text{ м}^2$  единица измерения работ по ЕНиР 17 (пункт Е17-31);  $H_{вр} = 1,4 \text{ ч}$  – норма времени на выполнение единицы работ по ЕНиР17 (после механизированного разравнивания),  $N_{раб} = 3$  чел – число рабочих в звене по ЕНиР 17.

Производительность звена в смену:

$$P = E_p / (H_{вр} / (N_{раб} \cdot 8)) = 100 / (1,4 / (3 \cdot 8)) = 1714 \text{ м}^2 / \text{смену}.$$

Для щебня, асфальтобетона:

$E_p = 100 \text{ м}^2$  единица измерения работ по ЕНиР 17 (пункт Е17-31);  $H_{вр} = 2,1 \text{ ч}$  – норма времени на выполнение единицы работ по ЕНиР17 (после механизированного разравнивания),  $N_{раб} = 3$  чел – число рабочих в звене по ЕНиР 17.

Производительность звена в смену:

$$P = E_p / (H_{вр} / (N_{раб} \cdot 8)) = 100 / (2,1 / (3 \cdot 8)) = 1143 \text{ м}^2 / \text{смену}.$$

*Параметры выбранных в примере машин записаны в столбцах 8 – 10 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А).*

## **6.5. Определение числа машин (звеньев рабочих) для выполнения работ.**

### **Расчет коэффициента использования машин (звеньев)**

Число машин (звеньев рабочих), необходимых для выполнения сменного объема работ на захватке определяется по формуле:

$$N_{маш} = V_{захв, \min} / (P_{см} k_{\max}),$$

где  $V_{захв, \min}$  - сменный объем работ на захватке,  $P_{см}$  – производительность машины или звена рабочих в смену,  $k_{\max}$  - максимальный коэффициент использования машины (звена) во времени.

Максимальный коэффициент использования машины (звена) во времени показывает, какую долю времени в течение смены, используется машина для производства работ.

Для назначения коэффициента необходимо сначала выяснить, какое количество работ в течении смены на рассматриваемой захватке выполняется последовательно. Сделать это можно по графикам, приведенным в Приложении Б.

Затем, в первом приближении, смена делится на равные временные промежутки. Например, для схемы № 2. Приложения Б «Устройство нижнего слоя основания из щебня способом заклинки», число последовательно выполняемых работ – 8. Следовательно, в первом приближении, для всех работ (за исключением работ «Разработка и погрузка щебня» и «Перевозка щебня» - они выполняются два временных промежутка) можно назначить коэффициент  $k_{\max} = 1/8 = 0,125$ .

После подсчета требуемого для выполнения работ количества машин и звеньев рабочих осуществляют корректировку коэффициентов  $k_{\max}$  для тех работ, для выполнения которых требуется слишком большое, либо слишком малое по сравнению с другими работами на захватке число машин (звеньев). Для уменьшения их необходимо увеличить коэффициент  $k_{\max}$ , для увеличения – уменьшить. При этом сумма коэффициентов для всех последовательно выполняемых работ на захватке должна остаться равной единице. Т.е. корректировка  $k_{\max}$  на одной захватке должна выполняться за счет коэффициентов на других захватках.

Результаты расчетов заносятся в столбцы 11 – 12 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А).

*Для рассматриваемого примера расчет количества машин и выбранные коэффициенты использования машин (звеньев) во времени после проведения их корректировок приведены в Приложении А.*

Для всех машин (звеньев рабочих) осуществляется подсчет коэффициента использования по формуле:

$$K_{\text{исп0}} = V_{\text{захв, min}} / (k_{\max} \cdot \Pi_{\text{см}} \cdot N_{\text{маш}}),$$

где все обозначения – смотри формулу выше.

Результаты расчетов заносятся в колонку 13 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А).

*Для рассматриваемого примера подсчитанные коэффициенты использования машин (звеньев рабочих) приведены в Приложении А.*

### 6.6. Выбор ведущей машины. Выбор оптимальной длины захватки для проведения работ.

В качестве ведущей машины потока работ по устройству слоев дорожной одежды выбирают машину, имеющую наибольшие эксплуатационные затраты и наименьшую производительность при больших сменных объемах работ. Эксплуатационные затраты можно принимать по «Федеральным сметным расценкам на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств».

*В рассматриваемом примере наибольшие эксплуатационные затраты имеет асфальтобетонный завод при обслуживании устройства нижнего слоя асфальтобетонного покрытия и при этом больший сменный объем работ по сравнению с ее использованием для устройства верхнего слоя покрытия.*

Для снижения затрат на эксплуатацию машин и обеспечения максимально полной загрузки ведущей машины необходимо выбрать оптимальный сменный объем работ, который определяется по формуле:

$$V_{\text{см}} = k_{\text{max}} \Pi_{\text{см}} \cdot N_{\text{маш}},$$

где  $\Pi_{\text{см}}$  – сменная производительность ведущей машины,  $N_{\text{маш}}$  – число ведущих машин,  $k_{\text{max}}$  – максимальный коэффициент использования машины (звена) во времени.

В этом случае продолжительность проведения работ на захватке будет равна:

$$T_{\text{р1}} = V / V_{\text{см}},$$

где  $V$  – общий объем работ, выполняемый ведущей машиной,  $V_{\text{см}}$  – оптимальный сменный объем работ.

Оптимальная длина захватки определяется по формуле:

$$l_{\text{захв}} = L / T_{\text{р1}},$$

где  $L$  – длина дороги,  $T_{\text{р1}}$  – продолжительность проведения работ на захватке, обеспечивающая наиболее полную загрузку ведущей машины.

Желательно выбирать длину захватки, кратную 5м. Но при этом необходимо будет корректировать продолжительность работ  $T_{\text{р1}}$  обратным пересчетом по вышеприведенной формуле.

Для остальных машин (звеньев), кроме ведущей, необходимо принять такие же длины захваток и продолжительность проведения работ на захватке, как и у ведущей машины.

Сменный объем работ для них определяется по формуле:

$$V_{\text{см}} = V / T_{\text{р1}},$$

где  $V$  – общий объем работ, выполняемый машиной (звеном),  $T_{\text{р1}}$  – продолжительность проведения работ на захватке.

Результаты определения сменного объема работ, продолжительности проведения работ на захватке и длины захватки заносят в столбцы 14 – 16

таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А).

Для всех видов машин (звеньев) определяется коэффициент использования машин (звеньев):

$$K_{\text{исп}} = V_{\text{см}} / (k_{\text{max}} \cdot P_{\text{см}} \cdot N_{\text{маш}}),$$

где все обозначения – см. формулы выше.

В случае превышения коэффициентом  $K_{\text{исп}}$  значения «1», необходимо увеличить количество машин и произвести перерасчет сменной производительности и коэффициента использования, добившись максимально близкого к единице значения  $K_{\text{исп}}$ , но не превышающего единицы.

Результаты определения коэффициента использования машин (звеньев) заносят в столбец 17 таблицы «Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды» (см. Приложение А).

## 7. Построение линейного календарного графика строительства дорожной одежды.

Построение линейного календарного графика работ осуществляется в двух направлениях. По вертикали откладываются даты начала, окончания работ, по горизонтали – соответствующие им места производства работ вдоль дороги. Процесс выполнения каждого вида работ (по этапам) при этом отображается на графике в виде наклонного отрезка. При одинаковом темпе работ эти отрезки получаются параллельными друг другу (некоторое отклонение от параллельности может возникнуть, если этапы работ включают в себя разное число захваток).

Для построения графика необходимо нанести положение двух точек – соответствующих началу работ и их окончанию, а затем соединить их прямой линией. При этом необходимо учитывать разрывы между началом работ на каждой последующей захватке (см. расчеты разрывов между работами на захватках, выполнявшиеся ранее). Конечная дата работ определяется путем прибавления к начальной необходимого числа дней.

Поскольку, в результате расчетов, проведенный ранее (см. Приложение А), длительность выполнения работ на каждой захватке, определена в сменах а не днях, для построения графика необходимо произвести пересчет смен в дни работы по формуле:

$$T = T_p / K_{\text{см}} + T_{\text{вых}} + T_{\text{ос}} + T_{\text{пт}}$$

Все обозначения – см. выше.

*В рассматриваемом примере:*

*Число выходных дней  $T_{\text{вых}}$ : 29 %*

*Число дней простоя по погодным условиям  $T_{\text{ос}}$  (II зона, суглинки): 8%.*

*Число дней простоя из-за простоя техники  $T_{нт}$  (II зона, европейская часть): 4,7%.*

*Коэффициент сменности:  $K_{см} = 1,3$*

*Число смен работы  $T_p$ : 14,3 смены*

*Таким образом, число дней равно:*

$$T_{рд} = 14,3/1,3 + 14,3/1,3 * (29\% + 8\% + 4,7\%) = 11 + 4,6 = 16 \text{ дней.}$$

При устройстве дороги в течении нескольких лет, на вертикальной шкале времени должны быть нанесены последовательно все месяцы в течении времени строительства – начиная с 1-го года до последнего. Зимние месяцы и время распутицы можно исключить из шкалы.

Графики проведения работ в этом случае будут состоять из нескольких отрезков, разорванных периодом отсутствия работ между строительными сезонами.

При вычерчивании графика необходимо следить, чтобы начало и окончание работ осуществлялось в пределах соответствующего строительного сезона (по группам работ). При выходе за пределы сезона необходимо смещать начало этапа работ, увеличивая разрыв между ними или смещая весь поток работ по шкале времени.

*Для рассматриваемого примера календарный график строительства дорожной одежды приведен в Приложении В.*

## **8. Определение потребности в рабочих кадрах и средствах механизации**

Для планирования материально-технического, бытового обеспечения строительства необходимо определить численность и профессиональный состав рабочих кадров, и потребность в средствах механизации (машинах).

При расчете численности рабочих, участвующих в строительстве, следует руководствоваться составами звеньев, приведенными в ЕНиР сборнике Е17 и Е2 в зависимости от выполняемой работы. Как правило, при выполнении механизированных работ задействован 1 машинист на 1 машину за исключением небольшого числа работ (укладка асфальта, розлив вяжущего). В число работающих включают водителей самосвалов - 1 человек на 1 машину.

В тоже время, в число рабочих не включаются работники асфальтобетонного завода.

Подсчитанное число рабочих по этапам строительства и сводят в таблицу по форме таблицы 27.

Аналогичным образом подсчитывают необходимое число машин по типам (см. таблицу 28).

## Потребность в рабочих кадрах для устройства дорожной одежды

Таблица 27

Этап строительства	Число дорожных рабочих	Число машинистов (с помощниками)	Число водителей самосвалов
1. Устройство дополнительного слоя основания	3*8=24	1+1+1+4 = 7	26
2. Устройство нижнего слоя основания	24	12	54
3. Устройство верхнего слоя основания	15	10	39
4. Устройство нижнего слоя покрытия	6	6	6
5. Устройство верхнего слоя покрытия	6	5	5
6. Устройство неукрепленной части обочины	-	7	21
7. Устройство укрепленной части обочины	3	4	6
Всего:	78	49	157

## Потребность в средствах механизации для устройства дорожной одежды

Таблица 28

Этап строительства	Экскаваторы	Самосвалы	Автогрейдеры	Щебнераспределители	Катки вибрационные 7,5т	Катки статические 13т	Поливомоечные машины	Автогудронаторы	Асфальтоукладчики
1. Устройство дополнительного слоя основания	1	26	1	-	4	-	1	-	-
2. Устройство нижнего слоя основания	2	51	1	1	3	-	1	-	-
3. Устройство верхнего слоя основания	1	34	1	1	2	2	-	2	-
4. Устройство нижнего слоя покрытия	-	6	-	-	2	1	-	1	1

Этап строительства	Экскаваторы	Самосвалы	Автогрейдеры	Щебнераспределители	Катки вибрационные 7,5т	Катки статические 13т	Поливомоечные машины	Автогудронаторы	Асфальтоукладчики
5. Устройство верхнего слоя покрытия	-	4	-	-	2	1	-	-	1
6. Устройство неукрепленной части обочины	1	21	1	-	2	-	1	-	-
7. Устройство укрепленной части обочины	1	6	1	1	1	-	1	-	-
Всего:	2	148	2	1	16	4	2	3	2

По данным таблиц строят графики потребностей рабочих кадров и средств механизации (машин) с левой или правой стороны линейного графика производства работ вдоль шкалы времени. При этом учитывают, что работа по возведению элементов дорожной одежды в отдельные моменты времени осуществляется параллельно. В этом случае количество рабочих или машин складывается.

*Пример построения графиков потребностей приведен в Приложении В.*

## **9. Технологическая схема потока по возведению слоев дорожной одежды**

На технологической схеме (плане потока по возведению слоев дорожной одежды) показывают:

1. Номера и длины захваток,
2. Состав работ на каждой захватке
3. Модели машин, работающих на захватке и их количество
4. Траектории движения техники на захватках (при необходимости, с нумерацией проходов)
5. Ширину обрабатываемой полосы (согласно характеристикам машины) и перекрытие полос (следов).
6. Направление движения по захваткам

*Пример оформления технологической схемы для отдельных этапов устройства дорожной одежды и обочин – см. приложение Г.*

## **10. Техника безопасности и контроль качества работ**

В разделе описывается проводимый контроль качества (только для выполняемых работ) - выдержки из СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги

Описывают требования техники безопасности (относящиеся только к проводимым работам) – по СНиП 12-03-2001 и СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве».

### Библиографический список

1. СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85)
2. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*)
3. СНиП 3.06.03-85 Автомобильные дороги
4. СП 48.13330.2011 Организация строительства (актуализированная редакция СНиП 12-01-2004)
5. СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.
6. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство
7. Федеральные сметные расценки на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств.
8. СНиП 1.04.03.-85 Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений. Часть 2
9. СП 131. 13330.2012 Строительная климатология (Актуализированная версия СНиП 23-01-99\*)
10. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Под ред. Н.В.Горельшева. М:Транспорт, 1992

## Приложение А

### Калькуляция трудовых затрат и расчет численности отрядов для устройства слоев дорожной одежды

№ захватки	Наименование операции	Единицы измерения	Общий объем работ, V	Принятая максимальная продолжительность работ $T_p$ , смен	Принятая минимальная длина захватки, $L_{захв. min}$ , м	Минимальный объем работ на захватке, $V_{захв. min}$	Марки машин (состав звена в случае ручных работ)	Обоснование (ссылка на нормы или расчет)	Производительность смену, $P_{см}$	Максимальный коэффициент использования машины (звена) во времени $K_{max}$	Принятое число машин на захватку, $N_{маш}$ шт (или звеньев рабочих в случае ручных работ, чел.).	Коэффициент использования $K_{исп0}$ при минимальных объемах работ	Принятый объем работ на захватке, $V_{захв}$	Принятая продолжительность работ, смен, $T_{p1}$ , смен	Принятая длина захватки, $L_{захв}$ , м	Коэффициент использования $K_{исп}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Устройство дренающего песчаного слоя																
	1. Разработка и погрузка песка	м3	9853	16	125	616	Гидравлический экскаватор обратная лопата с ковшом 1,6 м3 Komatsu PC400-7	расчет 1	856	1	1	0,72	741	13,30	150	0,87
	2. Перевозка песка автомобилями-самосвалами	т	14779,5 (=9853*1,5)	16	125	924	Самосвал КАМАЗ 552800 грузоподъемностью 10т	расчет 2	44,5	1	25 (см. примечание 1)	0,83	1111	13,30	150	1,00
1	3. Разравнивание и профилирование слоя автогрейдером (2 прохода по одному следу)	м2	37520	16	125	2345	Автогрейдер ГС-14.02	расчет 3	13388	1	1	0,18	2821	13,30	150	0,21
2	4. Подвозка и розлив воды	м3	488	16	125	31	Поливомоечная машина КО-713Н на базе	расчет 4	69,8	0,25	3 (см.	0,58	37	13,30	150	0,70

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
							ЗИЛ-494560				примечание 1)					
	5. Подкатка средним катком 8-10т (3 прохода по одному следу со скоростью 1,5-2 км/ч)	м2	37520	16	125	234 5	Пневмоколесный каток ДУ-100 без балласта (8т)	расчет 5	2700	0,25	5 (см. примечание 1)	0,69	2821	13,30	150	0,84
	6. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	37520	16	125	234 5	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 1 2 разр. - 2	Е17-31	1714,3	0,40	5 (см. примечание 1)	0,68	2821	13,30	150	0,82
	7. Укатка тяжелым катком >10т (8 проходов по одному следу)	м2	37520	16	125	234 5	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет 6	1938	0,35	5 (см. примечание 1)	0,69	2821	13,30	150	0,83
<b>Устройство нижнего слоя основания из щебня способом заклинки</b>																
	8. Погрузка щебня (все фракции)	м3	3509 (=3266+243)	16	125	219	Гидравлический экскаватор обратная лопата с ковшом 1,6 м3 Komatsu PC400-7	расчет 7	635,0	0,300	2	0,58	264	13,30	150	0,69
	9. Перевозка щебня (все фракции)	т	5965,3	16	125	373	Самосвал КАМАЗ 552800 грузоподъемностью 10т	расчет 8	19,6	0,300	76 (см. примечание 1)	0,83	449	13,30	150	1,00
3	10. Разравнивание и профилирование слоя из щебня крупной фракции автогрейдером (2 прохода по одному следу)	м2	16040	16	125	100 3	Автогрейдер ГС-14.02	расчет 3	13388	0,200	1	0,37	1206	13,30	150	0,45
	11. Подвозка и розлив воды	м3	320,8	16	125	20	Поливомоечная машина КО-713Н на базе ЗИЛ-494560	расчет 4	70	0,125	3	0,77	24	13,30	150	0,92

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	12. Подкатка (6 проходов со скоростью 1,5-2 км/ч)	м2	16040	16	125	100 3	Пневмоколесный каток ДУ-100 без балласта (8т)	расчет №9	1000	0,125	10 (см. примечание 1)	0,80	1206	13,30	150	0,96
	13. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	16040	16	125	100 3	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 12 разр. - 2	Е17-31	1143	0,100	11 (см. примечание 1)	0,80	1206	13,30	150	0,96
	14. Укатка тяжелым катком на пневматических шинах массой не менее 16т (10 проходов)	м2	16040	16	125	100 3	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет №10	1290	0,100	10 (см. примечание 1)	0,78	1206	13,30	150	0,93
	15. Распределение щебня мелкой фракции	м2	16040	16	125	100 3	Щебнераспределитель БЦМ-70	расчет №11	13046	0,100	1	0,77	1206	13,30	150	0,92
	16. Подвозка и розлив воды	м3	320,8	16	125	20	Поливомоечная машина КО-713Н на базе ЗИЛ-494560	расчет 4	70	0,125	3	0,77	24	13,30	150	0,92
	17. Подкатка средним катком (8-10т) 6 проходов со скоростью 1,5-2 км/ч	м2	16040	16	125	100 3	Пневмоколесный каток ДУ-100 без балласта (8т)	расчет №9	1000	0,125	10 (см. примечание 1)	0,80	1206	13,30	150	0,96
	18. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	16040	16	125	100 3	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 12 разр. - 2	Е17-31	1143	0,100	11 (см. примечание 1)	0,80	1206	13,30	150	0,96
	19. Укатка тяжелым катком на пневматических шинах массой не менее 16 т. Число проходов – 20	м2	16040	16	125	100 3	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет №12	856	0,150	10 (см. примечание 1)	0,78	1206	13,30	150	0,94
Устройство верхнего слоя основания из щебня, укрепленного битумом способом пропитки																

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	20. Разработка и погрузка щебня (все фракции)	м3	1643,9 (=1442,7+201,2)	16	125	103	Гидравлический экскаватор обратная лопата с ковшом 1,6 м3 Komatsu PC400-7	расчет 7	635	0,300	1	0,54	124	13,30	150	0,65
	21. Перевозка щебня (все фракции) автомобилями-самосвалами	т	2794,63	16	125	175	Самосвал КАМАЗ 552800 грузоподъемностью 10т	расчет 8	20	0,300	36 (см. примечание 1)	0,83	210	13,30	150	0,99
4	22. Разравнивание и профилирование слоя из щебня крупной фракции автогрейдером	м2	15560	16	125	973	Автогрейдер ГС-14.02	расчет 3	13388	0,200	1	0,36	1170	13,30	150	0,44
	23. Подкатка легким катком (5-6т) - 3 прохода со скоростью 1,5-2 км/ч	м2	15560	16	125	973	Пневмоколесный каток Дупарас СР-142 без балласта (6т)	расчет 13	1760	0,100	7 (см. примечание 1)	0,79	1170	13,30	150	0,95
	24. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	15560	16	125	973	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 1 2 разр. - 2	Е17-31	1143	0,125	9 (см. примечание 1)	0,76	1170	13,30	150	0,91
	25. Укатка тяжелым катком (более 10т) - 5 проходов	м2	15560	16	125	973	Пневмоколесный каток Дупарас СР-142 с балластом 10т	расчет 14	1520	0,100	8 (см. примечание 1)	0,80	1170	13,30	150	0,96
	26. Розлив вяжущего автогудронатором	т	128,2	16	125	8	Автогудронатор БЦМ-65	расчет 15	7,8	0,150	9 (см. примечание 1)	0,76	10	13,30	150	0,92
	27. Распределение щебня мелкой фракции	м2	15560	16	125	973	Щебнераспределитель БЦМ-70	расчет 16	15285	0,100	1	0,64	1170	13,30	150	0,77
	28. Проверка про-	м2	15560	16	125	973	Звено дорожных рабо-	Е17-31	1143	0,125	9	0,76	1170	13,30	150	0,91

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	филя и исправление дефектных мест вручную						чих: 3 разр. - 1 2 разр. - 2				(см. примечание 1)					
	29. Укатка тяжелым катком (более 10т) - 5 проходов	м2	15560	16	125	973	Пневмоколесный каток Дупарас СР-142 с балластом 10т	расчет 14	1520	0,100	8 (см. примечание 1)	0,80	1170	13,30	150	0,96
Устройство асфальтобетонного покрытия (нижний слой)																
	30. Приготовление смеси в смесительной установке	т	2143,6	16	125	134	Асфальтобетонный завод QLB-30 (Fujian Tietuo Machinery) (см. примечание 2)	расчет 17	168	0,67	2	0,40	336	13,30	150	1,00
	31. Перевозка смеси автомобилями-самосвалами	т	2143,6	16	125	134	Самосвал КАМАЗ 552800 грузоподъемностью 10т	расчет 18	35	0,67	7 (см. примечание 1)	0,82	161	13,30	150	0,99
5	32. Укладка смеси асфальтоукладчиком	м2	15280	16	125	955	Асфальтоукладчик VÖGELE SUPER 1600-3	расчет 19	1814	0,67	1	0,79	1149	13,30	150	0,95
	33. Укатка катком на пневматических шинах массой 16 т 10 проходов	м2	15280	16	125	955	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет №20	697	0,67	3	0,69	1149	13,30	150	0,82
	34. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	15280	16	125	955	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 1 2 разр. - 2	Е17-31	1143	0,67	2	0,63	1149	13,30	150	0,75
	35. Укатка гладковальцовым катком массой 11-18 т 8 проходов	м2	15280	16	125	955	Трехвальцовый каток RC-13DD (ОАО Раскат) массой 13т	расчет №21	790	0,67	3 (см. примечание 1)	0,60	1149	13,30	150	0,73
Устройство асфальтобетонного покрытия (верхний слой)																
	36. Приготовление смеси в смеситель-	т	1553,5	16	125	97	Асфальтобетонный завод QLB-30 (Fujian	расчет 17	168	0,78	1	0,74	117	13,30	150	0,89

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	ной установке						Tietuo Machinery)									
	37. Перевозка смеси автомобилями-самосвалами	т	1553,5	16	125	97	Самосвал КАМАЗ 552800 грузоподъемностью 10т	расчет 18	35	0,78	5(см. примечание 1)	0,72	117	13,30	150	0,86
6	38. Укладка смеси асфальтоукладчиком	м2	15080	16	125	943	Асфальтоукладчик VÖGELE SUPER 1600-3	расчет 25	1512	0,78	1	0,80	1134	13,30	150	0,96
	39. Укатка катком на пневматических шинах массой 16 т 10 проходов	м2	15080	16	125	943	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет №26	552	0,78	3	0,73	1134	13,30	150	0,88
	40. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	15080	16	125	943	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 1 2 разр. - 2	E17-31	1143	0,78	2	0,53	1134	13,30	150	0,64
	41. Укатка гладковальцовым катком массой 11-18 т 8 проходов	м2	15080	16	125	943	Трехвальцовый каток RC-13DD (ОАО Раскат) массой 13т	расчет №27	644	0,78	3 (см. примечание 1)	0,63	1134	13,30	150	0,75
Устройство неукрепленной обочины из песка																
	42. Разработка и погрузка песка	м3	3570	16	125	223	Гидравлический экскаватор обратная лопата с ковшом 1,6 м3 Komatsu PC400-7	расчет 1	856	1	1	0,26	268	13,30	150	0,31
	43. Перевозка песка	м3	3570	16	125	223	Самосвал КАМАЗ 552800 грузоподъемностью 10т	расчет 2	45	1	7 (см. примечание 1)	0,72	268	13,30	150	0,86
7	44. Разравнивание и профилирование слоя 1 автогрейдером	м2	15000 (=3,75* 2 *2000)	16	125	937,5	Автогрейдер ГС-14.02	расчет 3	13388	1	1	0,07	1128	13,30	150	0,08
8	45. Подвозка и розлив воды на слой 1 поливомоечными	м3	72 (=2400* 0,03)	16	125	4,5	Поливомоечная машина КО-713Н на базе ЗИЛ-494560	расчет 4	70	1	1	0,06	5	13,30	150	0,08

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	машинами															
	46. Укатка слоя 1 тяжелым катком	м2	15000 (=3,75* 2*2000)	16	125	937,5	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет 6	1938	1	1	0,48	1128	13,30	150	0,58
9	47. Разравнивание и профилирование слоя 2 автогрейдером	м2	7500 (=3,75* 2000)	16	125	468,8	Автогрейдер ГС-14.02	расчет 3	13388	1	1	0,04	564	13,30	150	0,04
10	48. Подвозка и розлив воды на слой 2 поливочными машинами	м2	21,6 (=720*0,03)	16	125	1,4	Поливочная машина КО-713Н на базе ЗИЛ-494560	расчет 4	70	1	1	0,02	2	13,30	150	0,02
	49. Укатка слоя 2 тяжелым катком	м2	15000	16	125	937,5	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет 6	1938	1	1	0,48	1128	13,30	150	0,58
11	50. Профилирование обочины и откоса автогрейдером	м2	21600 =(В0-Вд-2*В01)*L = (19,8-7,5-2*0,75)*2000	16	125	1350,0	Автогрейдер ГС-14.02	расчет 3	13388	1	1	0,10	1624	13,30	150	0,12
Устройство укрепленной части обочины из щебня																
	51. Разработка и погрузка щебня (все фракции)	м3	281,6	16	125	18	Гидравлический экскаватор обратная лопата с ковшом 1,6 м3 Komatsu PC400-7	расчет 7	635	0,400	1	0,069	21	13,30	150	0,08
	52. Перевозка щебня (все фракции)	т	478,72	16	125	30	Самосвал КАМАЗ 552800 грузоподъемностью 10т	расчет 8	20	0,400	5 (см. примечание 1)	0,763	36	13,30	150	0,92
12	53. Разравнивание и профилирование слоя из щебня крупной фракции автогрейдером	м2	1500	16	125	94	Автогрейдер ГС-14.02	расчет 3	13388	0,250	1	0,028	113	13,30	150	0,03
	54. Подвозка и роз-	м3	15	16	125	0,9	Поливочная маши-	расчет	70	0,050	1	0,26	1	13,30	150	0,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	лив воды (1/2 объема)						на КО-713Н на базе ЗИЛ-494560	4				9				
	55. Подкатка средним катком (8-10т). 6 проходов со скоростью 1,5-2 км/ч	м2	1500	16	125	94	Пневмоколесный каток ДУ-100 без балласта (8т)	расчет №9	1000	0,050	3 (см. примечание 1)	0,625	113	13,30	150	0,75
	56. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	1500	16	125	94	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 12 разр. - 2	Е17-31	1143	0,050	2	0,820	113	13,30	150	0,99
	57. Укатка тяжелым катком на пневматических шинах массой не менее 16 т. Число проходов – 10	м2	1500	16	125	94	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет №10	1290	0,050	2	0,727	113	13,30	150	0,87
	58. Распределение щебня средней фракции	м2	1500	16	125	94	Щебнераспределитель БЦМ-70	расчет №22	26236	0,050	1	0,071	113	13,30	150	0,09
	59. Подвозка и розлив воды (1/4 всего объема)	м3	7,5	16	125	0,5	Поливомоечная машина КО-713Н на базе ЗИЛ-494560	расчет 4	70	0,050	1	0,134	1	13,30	150	0,16
	60. Подкатка средним катком (8-10т). 6 проходов со скоростью 1,5-2 км/ч	м2	10	16	125	0,6	Пневмоколесный каток ДУ-100 без балласта (8т)	расчет №9	1000	0,050	1	0,013	1	13,30	150	0,02
	61. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	1500	16	125	94	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 1 2 разр. - 2	Е17-31	1143	0,050	2	0,820	113	13,30	150	0,99
	62. Укатка тяжелым катком на пневматических шинах массой не менее 16 т. Число проходов – 20	м2	1500	16	125	94	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет №12	856	0,100	2	0,548	113	13,30	150	0,66
	63. Распределение	м2	1500	16	125	94	Щебнераспределитель	расчет	17039	0,050	1	0,11	113	13,30	150	0,13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	щебня мелкой фракции						БЦМ-70	№23				0				
	64. Подвозка и розлив воды (1/4 всего объема)	м3	7,5	16	125	0	Поливомоечная машина КО-713Н на базе ЗИЛ-494560	расчет 4	70	0,050	1	0,134	1	13,30	150	0,16
	65. Подкатка средним катком (8-10т). 6 проходов со скоростью 1,5-2 км/ч	м2	1500	16	125	94	Пневмоколесный каток ДУ-100 без балласта (8т)	расчет №9	1000	0,050	2	0,938	113	13,30	150	1,13
	66. Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м2	1500	16	125	94	Звено дорожных рабочих: 3 разр. - 1 2 разр. - 2	Е17-31	1143	0,050	2	0,820	113	13,30	150	0,99
	67. Укатка тяжелым катком на пневматических шинах массой не менее 16 т. Число проходов – 20	м2	1500	16	125	94	Пневмоколесный каток ДУ-100 с балластом (16т)	расчет №12	856	0,100	2	0,548	113	13,30	150	0,66
	68. Распределение материалов из отсевов дробления горных пород (высевки)	м2	1500	16	125	94	Щебнераспределитель БЦМ-70	расчет №24	24075	0,050	1	0,078	113	13,30	150	0,09
	69. Укатка легким или средним катком (8-10т) - 6 проходов по одному следу	м2	1500	16	125	94	Пневмоколесный каток ДУ-100 без балласта (8т)	расчет №9	1000	0,050	3 (см. примечание 1)	0,625	113	13,30	150	0,75

Примечание 1: Число машин (звеньев рабочих) скорректировано после выбора оптимальной длины захватки

Примечание 2: Ведущая машина

## Приложение Б

### 1. Устройство дополнительного слоя основания (песчаного, песчано-гравийного, из шлака). Устройство нижнего слоя основания из рядового щебня

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Разработка и погрузка песка, песчано-гравийной смеси или шлака	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка песка, песчано-гравийной смеси или шлака	т	Автомобиль-самосвал		
Разравнивание и профилирование слоя*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня, автогрейдер или профилировщик		
Подвозка и розлив воды	м <sup>3</sup>	Поливомоечная машина		
Подкатка	м <sup>2</sup>	Каток **		
Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м <sup>2</sup>	Звено дорожных рабочих***: 3 разр. – 1 чел. 2 разр. – 2 чел.		
Укатка	м <sup>2</sup>	Каток *		

\* Разравнивание и профилирование слоя автогрейдером осуществляется 3-5 проходами по одному следу с распределением материала от центра к краям, затем профилированием от краев к центру. При использовании распределителя щебня или профилировщика разравнивание и профилирование осуществляется за один проход по одному следу на ширину полосы укладки.

\*\* Для уплотнения слоя используется один из следующих типов катков:

гладковальцовый каток массой не менее 10т (2-3 прохода по одному следу при подкатке, 17-18 проходов по одному следу - при укатке);  
 каток на пневмошинах массой не менее 16т (2-3 прохода по одному следу при подкатке, 17-18 проходов по одному следу - при укатке);  
 комбинированный каток массой не менее 10т (2-3 прохода по одному следу при подкатке, 11-13 проходов по одному следу - при укатке),  
 виброкаток массой не менее 6 т (2-3 прохода по одному следу при подкатке, 6-7 проходов по одному следу - при укатке).

При выборе катка необходимо учесть требования то максимальной толщине уплотняемого слоя, приведенные в таблице.

Вид материала	Максимальная толщина уплотненного слоя, см, при применении катков			
	с гладки- ми валь- цами мас- сой 10 т и более	решетчатых и на пневматиче- ских шинах массой 15 т и более	вибрационных и комбинированных массой, т	
			до 10	16 и бо- лее
Трудноуплотняемый (из из- верженных и метаморфиче- ских пород марки по проч- ности 1000 и более, гравий прочный, хорошо скатан- ный, шлаки остеклованной структуры)	18	24	18	24
Легкоуплотняемый (из из- верженных и метаморфиче- ских пород марки по проч- ности менее 1000, осадоч- ные, гравий неокатанный, шлаки с пористой структу- рой)	22	30	22	30

\*\*\* По ЕНиР Е17: «Окончательная планировка оснований и покрытий под укатку после механизированного разравнивания».

## 2. Устройство слоя основания из щебня способом заклинки

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Погрузка щебня крупной фракции	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня крупной фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Разравнивание и профилирование щебня крупной фракции*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня или автогрейдер		
Подкатка(1этап)	м <sup>2</sup>	Каток *		
Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м <sup>2</sup>	Звено дорожных рабочих***: 3 разр. – 1 чел. 2 разр. – 2 чел.		
Подвозка и розлив воды (2/3 всего объема)	м <sup>3</sup>	Поливомоечная машина		
Укатка (1 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Погрузка щебня мелкой фракции	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня мелкой фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Распределение щебня мелкой фракции*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня или автогрейдер		
Разметание щебня мелкой фракции щетками *	м <sup>3</sup>	Поливомоечная машина		
Подвозка и розлив воды (1/3 всего объема)	м <sup>2</sup>	Поливомоечная машина		
Укатка (2 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		

\* Разравнивание и профилирование слоя автогрейдером осуществляется 3-5 проходами по одному следу с распределением материала от центра к краям, затем профилированием от краев к центру. При использовании распределителя щебня распределение и профилирование осуществляется за один проход по одному следу на ширину полосы укладки.

\*\* Для уплотнения могут применяться следующие виды катков:

- гладковальцовый каток массой не менее 10т (на 1-ом этапе: 10 прохода по одному следу, на 2-ом этапе: 20 проходов по одному следу);
- каток на пневмошинах массой не менее 16т (на 1-ом этапе: 10 прохода по одному следу, на 2-ом этапе: 20 проходов по одному следу);
- комбинированный каток массой не менее 10т (на 1-ом этапе: 6 проходов по одному следу, на 2-ом этапе: 12 проходов по одному следу);
- виброкаток массой не менее 6 т (на 1-ом этапе: 4 прохода по одному следу, на 2-ом этапе: 8 проходов по одному следу)

Подкатка включает в себя 2-3 прохода катка из общего числа проходов на этапе, укатка - оставшиеся проходы.

При выборе катка необходимо учесть требования то максимальной толщине уплотняемого слоя, приведенные в таблице для дополнительного слоя основания (см. выше).

\*\*\* По ЕНиР Е17: «Окончательная планировка оснований и покрытий под укатку после механизированного разравнивания».

### 3. Устройство слоя основания из щебня, укрепленного битумом способом пропитки

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Погрузка щебня крупной фракции	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня крупной фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Разравнивание и профилирование щебня крупной фракции*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня или автогрейдер		
Подкатка (1 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м <sup>2</sup>	Звено дорожных рабочих***: 3 разр. – 1 чел. 2 разр. – 2 чел.		
Укатка (1 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Розлив вяжущего	т	Автогудронатор		
Погрузка щебня мелкой фракции	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня мелкой фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Распределение щебня мелкой фракции*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня		
Укатка (2 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		

\* Разравнивание и профилирование слоя автогрейдером осуществляется 3-5 проходами по одному следу с распределением материала от центра к краям, затем профилированием от краев к центру. При использовании распределителя

теля щебня распределение и профилирование осуществляется за один проход по одному следу на ширину полосы укладки.

\*\* На 1-ом этапе подкатка и укатка осуществляется гладковальцовыми катками массой 6 - 8 т (2 - 3 прохода по одному следу при подкатке, 3-4 прохода по одному следу при укатке)

На 2-ом этапе укатка осуществляется тяжелыми гладковальцовыми катками массой 10 - 13 т (3-4 прохода по одному следу)

\*\*\* По ЕНиР Е17: «Окончательная планировка оснований и покрытий под укатку после механизированного разравнивания».

4. Устройство слоя основания из щебня или гравия укрепленного битумом способом смешения на дороге (с использованием автогрейдера)

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Разработка и погрузка щебня или гравия	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня или гравия	т	Автомобиль-самосвал		
Разравнивание щебня или гравия*	м <sup>2</sup>	Автогрейдер		
Первый розлив вяжущего	т	Автогудронатор		
Перемешивание автогрейдером**	м <sup>2</sup>	Автогрейдер		
Второй розлив вяжущего	т	Автогудронатор		
Перемешивание автогрейдером**	м <sup>2</sup>	Автогрейдер		
Третий розлив вяжущего	т	Автогудронатор		
Перемешивание автогрейдером**	м <sup>2</sup>	Автогрейдер		
Четвертый розлив вяжущего	т	Автогудронатор		
Перемешивание автогрейдером**	м <sup>2</sup>	Автогрейдер		
Разравнивание готовой смеси и профилирование автогрейдером*	м <sup>2</sup>	Автогрейдер		
Подкатка	м <sup>2</sup>	Каток ***		
Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную****	м <sup>2</sup>	Звено дорожных рабочих**: 3 разр. – 1 чел. 2 разр. – 2 чел.		
Укатка (2 этап)	м <sup>2</sup>	Каток ***		

\* Разравнивание щебня или гравия осуществляют 2 проходами автогрейдера по одному следу. Разравнивание и профилирование под укатку осуществляют 5 проходами автогрейдера по одному следу.

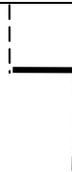
\*\* Перемешивание осуществляют последовательными проходами автогрейдера, при которых щебень или гравий сначала собирают в вал по оси дороги, а затем снова распределяют его по поверхности основания. На первых этапах перемешивание осуществляют путем выполнения 4 проходов по одному следу. После розлива всего объема вяжущего, на последнем этапе перемешивания выполняют 27 проходов по одному следу.

\*\*\* Уплотнение осуществляется легкими катками на пневматических шинах или с металлическими вальцами массой 5 - 10 т (всего 3 – 5 проходов по одному следу). Подкатка включает в себя 1-2 прохода катка из общего числа проходов, укатка – оставшиеся проходы.

\*\*\*\* По ЕниР Е17: «Окончательная планировка оснований и покрытий под укатку после механизированного разравнивания».

5. Устройство слоя основания из черного щебня (щебня, укрепленного битумом в стационарной смесительной установке )

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Подгрунтовка основания	м <sup>2</sup>	Автогудронатор		
Приготовление щебня крупной фракции в смесительной установке	м <sup>3</sup>	Асфальтосмесительная установка		
Перевозка щебня крупной фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Укладка и профилирование щебня крупной фракции	м <sup>2</sup>	Укладчик или автогрейдер		
Подкатка (1 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м <sup>2</sup>	Звено дорожных рабочих***: 3 разр. – 1 чел. 2 разр. – 2 чел.		
Укатка (1 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Приготовление щебня мелкой фракции в смесительной установке	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня мелкой фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Распределение щебня мелкой фракции	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня или автогрейдер		

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Разметание щебня мелкой фракции щетками	м <sup>2</sup>	Поливомоечная машина		
Укатка (2-й этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		

\* Распределение (укладку) и профилирование слоя автогрейдером осуществляется 3-5 проходами по одному следу с распределением материала от центра к краям, затем профилированием от краев к центру. При использовании распределителя щебня распределение и профилирование осуществляется за один проход по одному следу на ширину полосы укладки.

\*\* На 1-ом этапе уплотнение ведется гладковальцовым катком массой 6-8 т (4-6 проходов по одному следу). Подкатка включает в себя 2-3 прохода катка из общего числа проходов на этапе, укатка - оставшиеся проходы.

На 2-ом этапе уплотнение ведется гладковальцовым катком массой более 10-13т (3-4 прохода по одному следу).

\*\*\* По ЕНиР Е17: «Окончательная планировка оснований и покрытий под укатку после механизированного разравнивания».

6. Устройство асфальтобетонного основания или покрытия из горячей асфальтобетонной смеси

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Подгрунтовка основания*	м <sup>2</sup>	Автогудронатор		
Приготовление асфальтобетонной смеси	т	Асфальтосмесительная установка		
Перевозка смеси	т	Автомобиль-самосвал		
Укладка смеси	м <sup>2</sup>	Асфальтоукладчик		
Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м <sup>2</sup>	Звено дорожных рабочих****: 3 разр. – 1 чел. 2 разр. – 2 чел.		
Подкатка легким катком (только для звена из трех катков)**	м <sup>2</sup>	Каток		
Укатка средним катком	м <sup>2</sup>	Каток***		
Укатка тяжелым катком	м <sup>2</sup>	Каток***		

\* Обработку нижнего слоя вяжущим можно не производить в случае, если интервал времени между устройством верхнего и нижнего слоев составляет не более 2 сут. и отсутствовало движение построечного транспорта.

\*\* В зависимости от типа асфальтобетонной смеси, уплотнение уложенной асфальтобетонной смеси ведет звено из трех или двух катков.

Звеном из трех катков (легкий, средний и тяжелый каток) ведут уплотнение асфальтобетонной смеси плотного асфальтобетона типов В, Г и Д, а также для высокопористого песчаного, пористого и высокопористого асфальтобетона с содержанием щебня менее 40 %.

В остальных случаях (плотный асфальтобетон типов А и Б, а также пористый и высокопористый асфальтобетон с содержанием щебня более 40 %) уплотнение ведет звено из двух катков (средний и тяжелый каток).

Подкатку выполняют (только для звена из трех катков) гладковальцовым катком массой 6-8 т или вибрационным катком массой 6-8 т с выключенным вибратором (2-3 прохода)

\*\*\* В случае если афальтоукладчик не имеет выглаживающей виброплиты, укатка ведется следующим образом:

1. Для смеси плотного асфальтобетона типов В, Г и Д, а также для высокопористого песчаного, пористого и высокопористого асфальтобетона с содержанием щебня менее 40 %:

В качестве среднего катка используется: каток на пневматических шинах массой 16 т (6-10 проходов) или гладковальцовый каток массой 10-13 т (8-10 проходов), или вибрационный каток массой 6-8 т с включенным вибратором (3-4 прохода).

В качестве тяжелого катка выступает гладковальцовый каток массой 11-18 т (4-8 проходов).

2. Для смесей остальных типов:

В качестве среднего катка используется: каток на пневматических шинах массой 16 т (6-10 проходов), или гладковальцовый каток массой 10-13 т (8-10 проходов), или вибрационный каток массой 6-8 т (5-7 проходов)

В качестве тяжелого катка выступает гладковальцовый каток массой 11-18 т (6-8 проходов).

Скорость катков в начале укатки должна быть не более 1,5-2 км/ч; после 5-6 проходов скорость может быть увеличена до 3-5 км/ч - для гладковальцовых катков, 3 км/ч - для вибрационных катков и 5-8 км/ч - для катков на пневматических шинах.

В случае если афальтоукладчик оборудован выглаживающей виброплитой, укатка ведется следующим образом:

1. Для смеси плотного асфальтобетона типов В, Г и Д, а также для высокопористого песчаного, пористого и высокопористого асфальтобетона с содержанием щебня менее 40 %:

В качестве среднего катка используется: гладковальцовый каток массой 10-13 т (6-8 проходов), каток на пневматических шинах массой 16 т (4-6 проходов) или вибрационным каток 6-8 т с включенным вибратором (4-6 проходов).

В качестве тяжелого катка выступает гладковальцовый каток массой 11-18 т (4 прохода).

2. Для смесей остальных типов:

В качестве среднего катка используется: гладковальцовый каток массой 10-13 т (4-6 проходов), каток на пневматических шинах массой 16 т (4-6 проходов) или вибрационный каток массой 6-8 т (4-6 проходов).

В качестве тяжелого катка выступает гладковальцовый каток массой 11-18 т (4-6 проходов).

Скорость катков в начале укатки не должна превышать, км/ч: гладковальцовых - 6, вибрационных - 3, на пневматических шинах - 10.

\*\*\*\* По ЕНиР Е17: «Окончательная планировка оснований и покрытий под укатку после механизированного разравнивания»

Укладка и последующая укатка ведется по участкам, число которых равно  $N$ .

Работа по устройству слоя осуществляется поточным методом, поэтому продолжительность работ на каждом из потоков ведется не всю смену, а несколько меньше, в зависимости от числа потоков. Продолжительность работы на каждом участке будет равна:  $(T_{см} - t_{подг}) / (N + 3)$  - для звена из трех катков или  $(T_{см} - t_{подг}) / (N + 2)$  - для звена из двух катков (здесь  $T_{см}$  - продолжительность смены, час.;  $t_{подг}$  - продолжительность подготовительных работ по подгрунтовке, час.).  $t_{подг}$  принимается равным не менее 1 часа.

Продолжительность выполнения работ на захватке в долях смены для асфальтоукладчиков, катков и прочих машин будет равна:

$k_{max} = (1 - t_{подг} / 8) N / (N + 3)$  - в случае звена из трех катков

или  $k_{max} = (1 - t_{подг} / 8) N / (N + 2)$  - в случае из двух катков.

Число участков определяется как:

$$N = l_{захв} / l_{уч},$$

где  $N$  принимается целым, с округлением в большую сторону.  $l_{захв}$  - длина захватки,  $l_{уч}$  - длина участка укладки.

При определении числа участков необходимо учитывать, что слой асфальтобетона может укладываться несколькими полосами по ширине дороги. В случае укладки нескольких полос, вычисленное значение  $N$  умножить на число укладываемых полос по ширине.

Определить длину участка укладки асфальта  $l_{уч}$  можно из условия равенства времени на остывание асфальта до наименьшей допускаемой температуры укатки, суммарному времени на проход укладчика и всех типов катков:  $3 l_{уч} / V = t_{ост}$ ,

или

$$l_{уч} = V t_{ост} / 3,$$

где  $V$  - скорость укладки, принимается согласно рекомендациям, указанным ниже,  $t_{ост}$  - времени остывания асфальта до наименьшей допускаемой температуры укатки. Принимается по таблице, приведенной ниже в зависимости от температуры воздуха (средней по дорожно-климатическому графику в сезон проведения работ. При отсутствии данных, в качестве температуры воздуха можно принимать минимальную допускаемую температуру воздуха при укладке асфальтобетона - см. температурный диапазон для группы работ II).

При этом для нормальной работы катков необходимо, чтобы длина участка была не менее 10-15м.

### Выбор скорости укладки

При укладке смесей для плотного асфальтобетона типов А и Б и для пористого и высокопористого асфальтобетонов с содержанием щебня более 40 % скорость укладки должна составлять 2-3 м/мин.

При укладке смесей для плотного асфальтобетона типов В, Г и Д, а также для пористого и высокопористого асфальтобетонов с содержанием щебня менее 40 % и высокопористого песчаного скорость укладки может быть увеличена до 4-5 м/мин.

Толщина слоя асфальтобетона, см	Максимальное время укладки и уплотнения горячих асфальтобетонных смесей $t_{\text{ост}}$ , мин					
	0 – 2 °С	4 – 5 °С	8 – 10 °С	13 – 15 °С	18 – 20 °С	23 – 25 °С
3 – 4	13 – 15	16 – 18	19 - 21	22 - 24	26 - 28	30 - 35
5 – 6	20 – 23	24 - 27	28 - 30	32 - 35	37 - 40	43 - 48
8 - 10	43 - 46	52 - 58	63 - 68	71 - 77	80 - 90	95 - 110

Указанное время соответствует скорости ветра 3...5 м/с. При его усилении до 8...10 м/с это время уменьшается на треть, в солнечную безветренную погоду увеличивается примерно на треть.

7. Устройство неукрепленной части присыпной обочины (из песка, песчано-гравийной смеси, шлака)

*Захватка 1*

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Разработка и погрузка песка, песчано-гравийной смеси или шлака	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка песка, песчано-гравийной смеси или шлака	т	Автомобиль-самосвал		
Разравнивание песка, песчано-гравийной смеси или шлака*	м <sup>2</sup>	Автогрейдер		
Подвозка и розлив воды	м <sup>3</sup>	Поливомоечная машина		
Уплотнение	м <sup>2</sup>	Каток **		

*Захватка 2 (работы выполняются после устройства укрепленной части обочины, если она есть)*

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Профилирование обочины*	м <sup>2</sup>	Автогрейдер		
Уплотнение поверхности обочины	м <sup>2</sup>	Каток ***		

\* Разравнивание и профилирование слоя автогрейдером осуществляется 4 проходами по одному следу. Профилирование обочины осуществляется 2 проходами по одному следу.

\*\* каток на пневмошинах массой 15-30т (4-6 проходов по одному следу) или вибрационный каток 3-6т (3-4 прохода по одному следу)

\*\*\* Окончательное уплотнение ведут теми же видами катков, но с числом проходов в два раза меньше, чем при основном уплотнении обочин.

## 8. Устройство укрепленной части обочины из щебня (заклинкой)

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Погрузка щебня крупной фракции	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня крупной фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Разравнивание и профилирование щебня крупной фракции*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня или автогрейдер		
Подкатка (1 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Проверка профиля и исправление дефектных мест вручную	м <sup>2</sup>	Звено дорожных рабочих***: 3 разр. – 1 чел. 2 разр. – 2 чел.		
Подвозка и розлив воды (2/3 всего объема)	м <sup>3</sup>	Поливомоечная машина		
Укатка (1 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Погрузка щебня средней фракции	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня средней фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Распределение щебня средней фракции*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня или автогрейдер		
Разметание щебня средней фракции щетками	м <sup>3</sup>	Поливомоечная машина		
Подвозка и розлив воды (1/6 всего объема)	м <sup>2</sup>	Поливомоечная машина		

Наименование операции	Ед. измерения	Машина или звено рабочих	Ленточный график	
			начало смены	конец смены
Укатка (2 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Погрузка щебня мелкой фракции	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка щебня мелкой фракции	т	Автомобиль-самосвал		
Распределение щебня мелкой фракции*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня или автогрейдер		
Разметание щебня мелкой фракции щетками	м <sup>3</sup>	Поливомоечная машина		
Подвозка и розлив воды (1/6 всего объема)	м <sup>2</sup>	Поливомоечная машина		
Укатка (3 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		
Погрузка высевки	м <sup>3</sup>	Одноковшовый экскаватор или погрузчик		
Перевозка высевки	т	Автомобиль-самосвал		
Распределение высевки*	м <sup>2</sup>	Распределитель щебня		
Укатка (4 этап)	м <sup>2</sup>	Каток **		

\* Разравнивание и профилирование слоя автогрейдером осуществляется 3-5 проходами по одному следу с распределением материала от центра к краям, затем профилированием от краев к центру. При использовании распределителя щебня распределение и профилирование осуществляется за один проход по одному следу на ширину полосы укладки.

\*\* Для уплотнения могут применяться следующие виды катков:

- гладковальцовый каток массой не менее 10т (на 1- 3 этапе: по 10 проходов по одному следу на каждом этапе);

- каток на пневмошинах массой не менее 16т (на 1- 3 этапе: по 10 проходов по одному следу на каждом этапе);

- комбинированный каток массой не менее 10т (на 1- 3 этапе: по 6 проходов по одному следу на каждом этапе);

- виброкаток массой не менее 6 т (на 1- 3 этапе: по 4 прохода по одному следу на каждом этапе)

Подкатка на 1-ом этапе включает в себя 2-3 прохода катка из общего числа проходов на этом этапе, укатка - оставшиеся проходы.

Укатка на заключительном, 4-ом этапе включает в себя 4-6 прохода катка.

\*\*\* По ЕНиР Е17: «Окончательная планировка оснований и покрытий под укатку после механизированного разравнивания».

## Приложение В

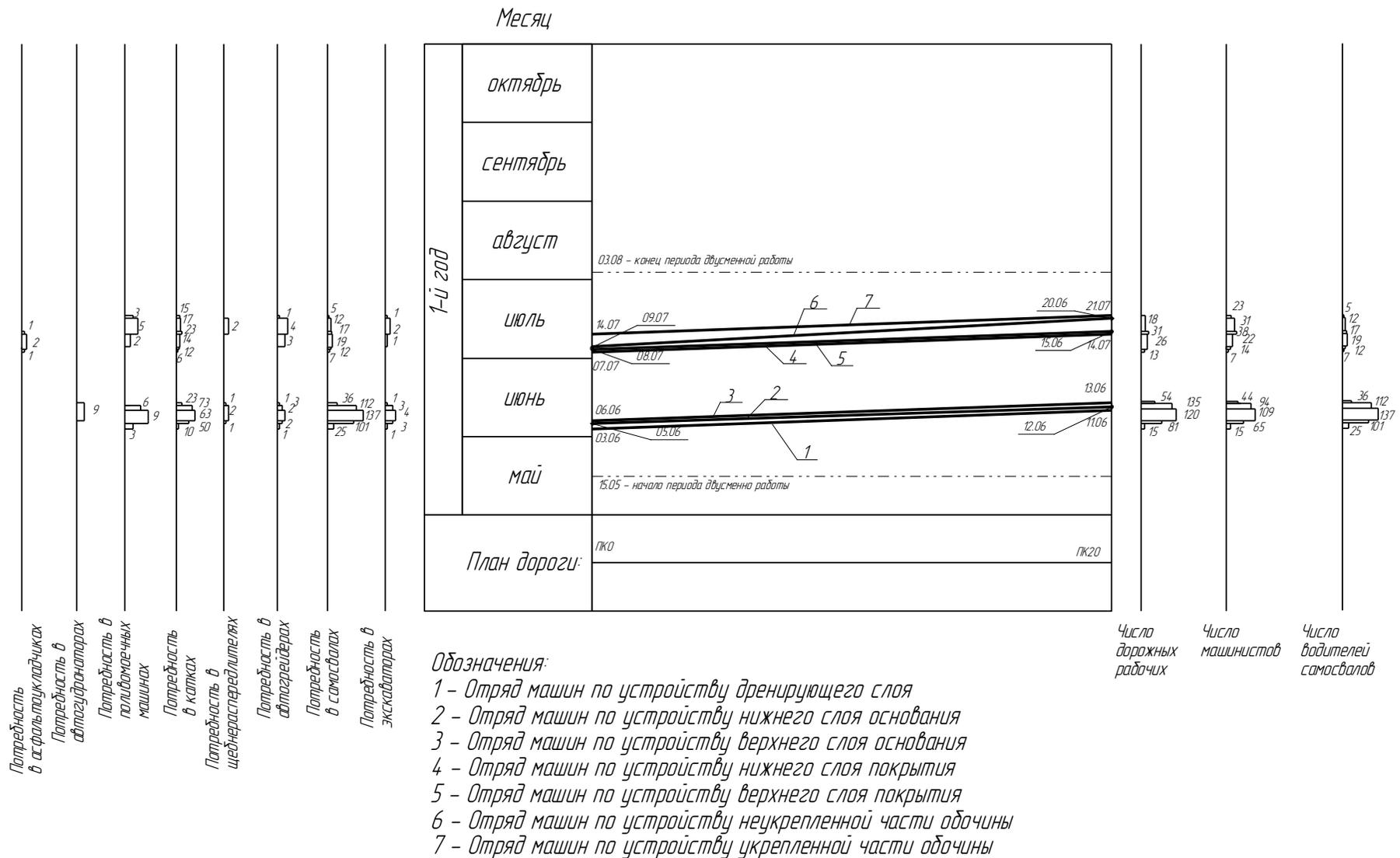


Рисунок Д.1 Линейный календарный график строительства дорожной одежды (общий вид)

## Приложение Г

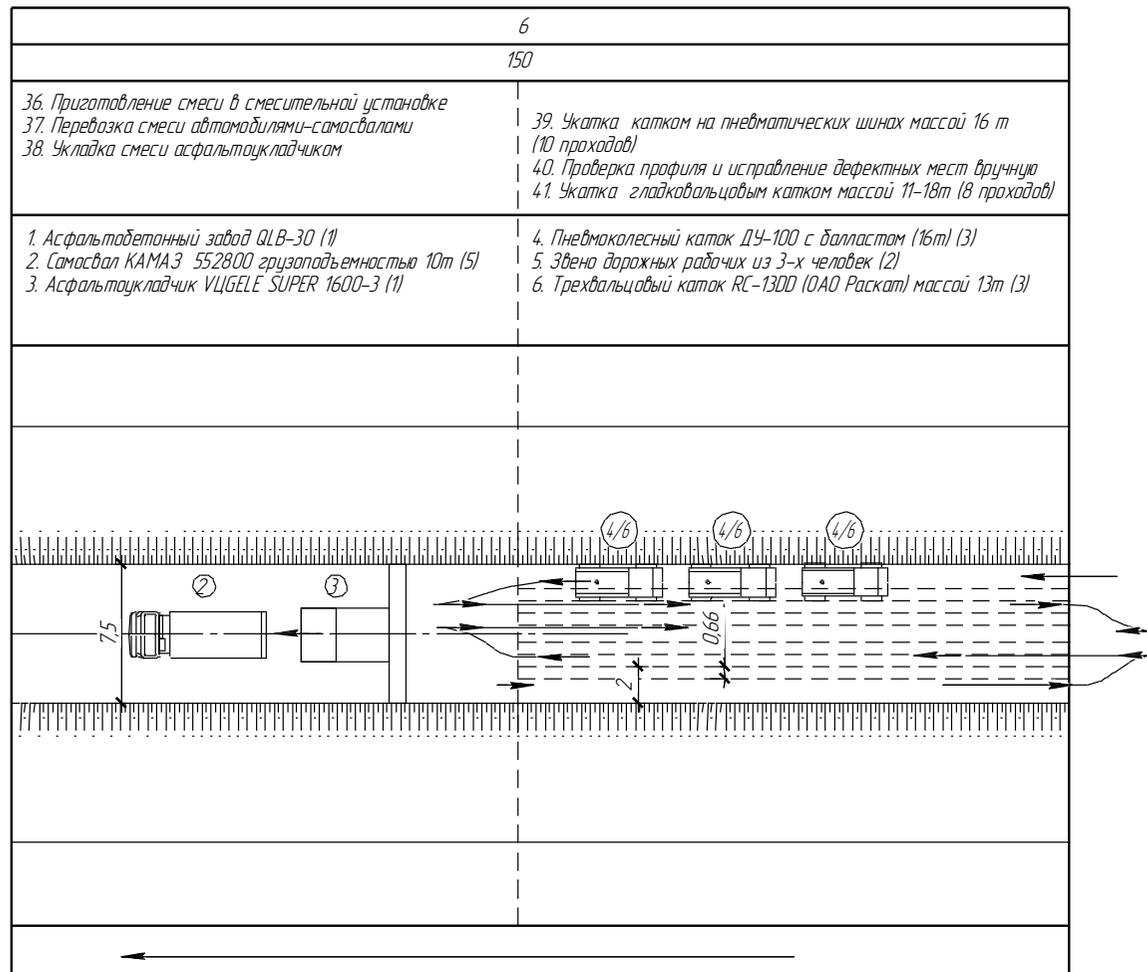


Рис. Е.1 Технологический план потока по строительству дорожной одежды. Устройство покрытия из асфальтобетона

№ сменной захватки	7	8
Длина захватки	150	150
Номера и наименования процессов	4.2. Разработка и погрузка песка 4.3. Перевозка песка автомобилями-самосвалами 4.4. Разравнивание и профилирование слоя 1 из песка автогрейдером (2 прохода по одному следу)	4.5. Подвозка и разлив воды на слой 1 4.6. Укатка слоя 1 тяжелым катком (8 проходов)
Используемые машины	1. Гидравлический экскаватор прямая лопата с ковшом 1,6 м <sup>3</sup> Komatsu PC400-7 (1) 2. Самосвал КАМАЗ 552800 грузоподъемностью 10т (1) 3. Автогрейдер ГС-14.02 (1)	1. Поливомочная машина КО-713Н на базе ЗИЛ-494560 (1) 2. Пневмокалесный каток ДУ-100 с балластом (16т) (1)
Направление потока	←	←

Рис. Е.2 Технологический план потока по строительству дорожной одежды. Устройство неукрепленной части обочины.