

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

**Институт архитектуры, строительства и транспорта**

А.Ф. Зубков,  
К.А. Андрианов

**РЕКОНСТРУКЦИЯ УЧАСТКА  
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

Утверждено Методическим советом ТГТУ  
в качестве методических указаний к выполнению расчётно-  
графической работы для студентов специальности 271502.65 -  
"Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое  
прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей" (специализация "Строительство (реконструкция), эксплуатация и техническое прикрытие автомобильных дорог") и бакалавров по направлению 270800.62 - "Строительство" (профиль "Автомобильные дороги")

Тамбов  
2014

Рецензент  
к.т.н., доц. А.И. Антонов

Утверждено Методическим советом ТГТУ  
(протокол № 5 от 01.07.2014г.)

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги представляют собой комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения круглогодичного, непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями в любое время года и в любых условиях погоды. В состав этого комплекса входят земляное полотно, дорожная одежда, мосты, трубы и другие искусственные сооружения, обустройство дорог и защитные дорожные сооружения, здания и сооружения дорожных и автотранспортных служб.

Параметры и состояние всех элементов дороги и дорожных сооружений определяют технический уровень и эксплуатационное состояние дороги, то есть ее транспортно-эксплуатационное состояние.

Транспортно-эксплуатационное состояние автомобильной дороги определяет степень соответствия нормативным требованиям фактических потребительских свойств автомобильных дорог.

К основным потребительским свойствам или транспортно-эксплуатационным показателям автомобильных дорог (ТЭП АД) и дорожных сооружений относят обеспеченную дорогой: скорость, непрерывность, безопасность и удобство движения, пропускная способность и уровень загрузки движением; способность пропускать автомобили и автопоезда с разрешенными для движения осевыми нагрузками, общей массой и габаритами, а также экологическая безопасность.

В процессе эксплуатации автомобильные дороги и дорожные сооружения подвергаются многократному воздействию автомобилей и природно-климатических факторов, что приводит к постепенному физическому износу автомобильной дороги. Кроме того, происходит рост интенсивности движения, смена автомобилей с существенным изменением их динамических свойств и увеличение осевых нагрузок автомобилей, что приводит к повышению требований к транспортно-эксплуатационным характеристикам автомобильных дорог, то есть дороги устаревают морально.

В результате физического и (или) морального износа возникает необходимость в значительном повышении качества автомобильных дорог, то есть приведение в соответствие всего комплекса показателей технического уровня, эксплуатационного состояния, инженерного оборудования и обустройства, а также уровня содержания современным нормативным требованиям. Комплекс работ и мероприятий, направленных на повышение потребительских свойств (транспортно-эксплуатационных показателей) автомобильной дороги, называется реконструкцией.

Таким образом, реконструкция дороги - это увеличение её пропускной и несущей способностей путём изменения на отдельных участках плана и продольного профиля, коренного переустройства дорожной одежды, земляного

полотна и дорожных сооружений, как правило, с переводом в более высокую категорию, при котором параметры и характеристики дороги повышаются до уровня, позволяющего при возросшей и прогнозируемой на перспективу интенсивности движения обеспечить нормативные требования к потребительским свойствам дорог и дорожных сооружений на период до очередной реконструкции.

Методические указания содержат последовательность выполнения расчётно-графической работы; необходимые ссылки на литературу для самостоятельного выполнения расчётно-графической работы по дисциплинам «Реконструкция и ремонт автомобильных дорог», «Реконструкция автомобильных дорог».

Предназначены для студентов дневного и заочного отделений специальности 271502.65 - "Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей" (специализация "Строительство (реконструкция), эксплуатация и техническое прикрытие автомобильных дорог") и бакалавров по направлению 270800.62 - "Строительство" (профиль "Автомобильные дороги").

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

Целью расчётно-графической работы является обобщение и закрепление теоретических знаний, полученных студентами при изучении курсов дисциплин «Реконструкция автомобильных дорог» и «Реконструкция и ремонт автомобильных дорог», получение студентами навыков самостоятельной оценки и принятия технических решений по реконструкции автомобильных дорог.

При выполнении расчётно-графической работы студент должен изучить инженерные методы, применяемые при реконструкции автомобильных дорог, научиться грамотно принимать технические решения при проектировании и выборе технологии производства работ при реконструкции автомобильных работ, применять в своей работе техническую, нормативную и справочную литературу.

### **СОСТАВ И ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

Расчётно-графическая работа состоит из пояснительной записки, выполненной на листах формата А4 и одного листа графической части формата А1.

В пояснительной записке излагаются и обосновываются принятые технические решения, приводится поясняющий графический материал.

Пояснительная записка должна быть оформлена на компьютере с использованием современных текстовых редакторов. Все листы должны быть сброшюрованы и иметь обложку. Все страницы пояснительной записки должны иметь стандартные рамки и быть пронумерованы в угловых штампах. Все рисунки и таблицы должны иметь порядковый номер и название. В конце

пояснительной записки приводится список используемой литературы, ссылки на которую обязательно даются в тексте.

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

Введение

1. Характеристика природно-климатических условий района прохождения дороги.
  2. Технические параметры и транспортно-эксплуатационное состояние дороги до реконструкции
  3. Проектирование реконструкции дороги
    - 3.1. Технические параметры дороги после реконструкции
    - 3.2. Проектирование конструкции земляного полотна
    - 3.3. Расчет конструкции дорожной одежды
  4. Технология работ по реконструкции дороги
    - 4.1. Технология работ по реконструкции земляного полотна
    - 4.2. Указания по организации труда и контролю качества при производстве работ по реконструкции земляного полотна
    - 4.3. Технология работ по реконструкции дорожной одежды
    - 4.4. Указания по организации труда и контролю качества при производстве работ по реконструкции дорожной одежды
- Список литературы

Графический материал приводится на листе формата А1 и включает в себя: схема проектируемого участка трассы с указанием грунтовых карьеров и баз дорожно-строительных материалов, схема продольного профиля трассы, поперечные профили земляного полотна и конструкция дорожной одежды до и после реконструкции, технологический план потока по производству работ при реконструкции земляного полотна и дорожной одежды.

При оформлении материалов расчетно-графической работы необходимо учитывать требования ГОСТ и ЕСКД, правила и порядок оформления приведены в [17].

Исходные данные для проектирования приведены в приложении 1.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

### **1. Характеристика природно-климатических условий района прохождения дороги**

В соответствии с заданным районом прохождения дороги следует дать краткое описание основных климатических характеристик данного района [1, 2]: средняя температура воздуха по месяцам (с построением розы ветров для летнего и зимнего периодов), повторяемость и скорость ветра в январе и ию-

ле, глубина промерзания грунтов, сроки весенней распутицы на грунтовых дорогах и др.,

На основании климатических данных района прохождения дороги строится дорожно-климатический график, по которому определяется календарная продолжительность строительного сезона по группам работ. Пример построения графика приведен в [11].

По [3, прил.1 ] определить дорожно-климатическую зону.

Расчетная продолжительность строительства может быть определена по формуле:

$$T_p = T_{кал} - (T_{вых} + T_{прост}), \quad (1)$$

где  $T_{кал}$  - календарная продолжительность работ по метеоусловиям. Дата начала работ - весной при температуре окружающего воздуха не ниже 5 °С, дата окончания работ - осенью при температуре окружающего воздуха ниже 10 °С;

$T_{вых}$  - количество выходных и праздничных дней (рассчитываются из условия 6 дневной рабочей неделе в две смены);

$T_{прост}$  - количество простоев по метеоусловиям и из-за ремонта и профилактики машин (условно может быть принята 30...40 смен).

Данные по определению продолжительности строительных работ заносятся в таблицу:

Таблица 1 - Продолжительность строительства

Продолжительность строительства по метеоусловиям			$T_{вых}$ смены	$T_{прост}$ смены	$T_p$ смены
Дата начала работ	Дата окончания работ	$T_{кал}$ , смены			

## 2. Технические параметры и транспортно-эксплуатационное состояние дороги до реконструкции

На основании результатов обследования дороги (в соответствии с заданием) производится анализ исходных данных и дается описание основных технических параметров проектируемого участка дороги.

Анализируются показатели отдельных элементов дороги (плана, продольного и поперечных профилей) и технических параметров дороги (ровность и состояние покрытия, прочность дорожной одежды, и пр.) на соответствие нормативным требованиям для заданной категории дороги.

По продольному профилю выявляются участки трассы с высотой насыпи ниже отметки снегонезаносимости.

Высоту насыпи на участках дорог, проходящих по открытой местности, по условию снегонезаносимости во время метелей следует определять расчетом согласно [3] по формуле:

$$h = h_s + \Delta h, \quad (2)$$

где  $h$  - высота незаносимой насыпи, м;

$h_s$  - расчетная высота снегового покрова в месте, где возводится насыпь, с вероятностью превышения 5 %, м;

$\Delta h$  - возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова, необходимое для ее независимости, м (если значение  $\Delta h$  меньше возвышения бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова по условиям  $\Delta h_{sc}$ , см. формулу (3) и в формулу (2) вместо  $\Delta h$  вводится  $\Delta h_{sc}$ ).

Возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова необходимо назначать, м, менее:

1,2 - для дорог - I категории;

0,7 - для дорог - II категории;

0,6 - для дорог - III категории;

0,5 - для дорог - IV категории;

0,4 - для дорог - V категории.

Если расчетная высота снегового покрова превышает 1 м, то необходимо проверить достаточность возвышения бровки насыпи над снеговым покровом по условию беспрепятственного размещения снега, сбрасываемого с дороги при снегоочистке:

$$\Delta h_{sc} = 0,375h_s B/a, \quad (3)$$

где  $\Delta h_{sc}$  - возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова по условиям снегоочистки, м;

$B$  - ширина земляного полотна, м;

$a$  - расстояние отбрасывания снега с дороги снегоочистителем, м (для дорог с регулярным режимом зимнего содержания  $a = 8,0$  м).

Вычерчиваются основные типы существующих поперечных профилей реконструируемого участка дороги.

По данным фактической интенсивности движения и составу потока на участке трассы находят расчетную приведенную интенсивность движения и определяют требуемую категорию дороги по табл.1 СниП 2.05.02-85\* [3].

Приведенная интенсивность движения  $N_{пр}$  (прив. ед./сут) различных транспортных средств к легковому автомобилю определяется по формуле:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i \cdot N_i, \quad (4)$$

где  $q$  – коэффициент приведения интенсивности движения  $i$ -ой группы транспортных средств к легковому автомобилю;

$\alpha$  – доля автотранспортных средств  $i$ -ой группы в потоке, %;

$N$  – количество автотранспортных средств  $i$ -ой группы, авт./сут.

Выполняется обоснование необходимости реконструкции дороги.

### 3. Проектирование реконструкции участка автомобильной дороги

#### 3.1. Технические параметры дороги после реконструкции

Технические параметры дороги назначаются по [4, табл. 3] в соответствии с заданной категорией дороги после реконструкции.

Принятые технические параметры дороги заносятся в таблицу:

Таблица 2 - Технические параметры дороги после реконструкции

№ п/п	Наименование показателя	Значение технических параметров
1	Категория дороги	
2	Число полос движения	
3	Ширина, м: - полосы движения - проезжей части - обочин	
4	Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	
5	Ширина земляного полотна, м	

#### 3.2. Проектирование конструкции земляного полотна

При реконструкции автомобильных дорог могут выполняться работы по строительству нового земляного полотна ( на участках спрямления трассы, значительного увеличения радиусов кривых в плане, на участках обходов населенных пунктов, обходов оползней и т.д.), по уширению земляного полотна существующей дороги (при строительстве дополнительных полос проезжей части, переходно-скоростных полос, доведение ширины земляного полотна до норм категории, установленной для данной дороги), исправлению продольного профиля трассы (повышение высоты насыпи или углубление выемки) и замене пучинистых участков.

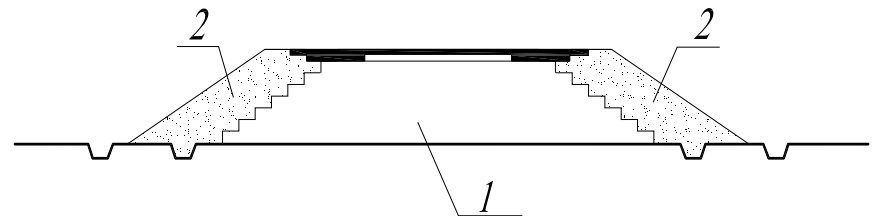


Уширение земляного полотна может быть односторонним (рис. 1 б, в) или двухсторонним (рис. 1а, г).

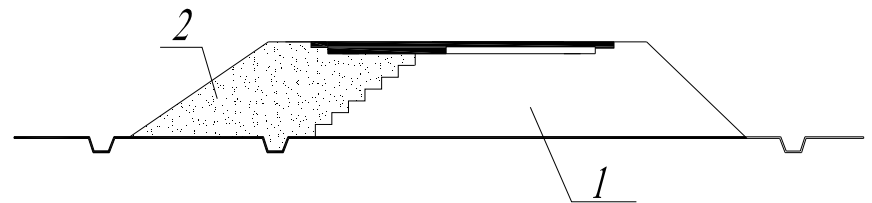
Двухстороннее (симметричное) уширение – это уширение при котором ось существующей дороги остается без изменения и совмещается с осью уширенной дороги. Уширение происходит путем досыпки насыпи или срезки откосов выемки с двух сторон.

Одностороннее (несимметричное) уширение – это уширение, при котором ось реконструируемой дороги смещена в сторону от оси старой дороги. Уширение происходит путем досыпки насыпи или срезки откоса выемки с одной стороны.

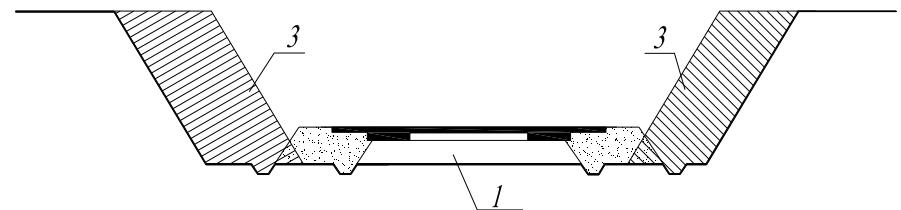
а) двухстороннее уширение в насыпях



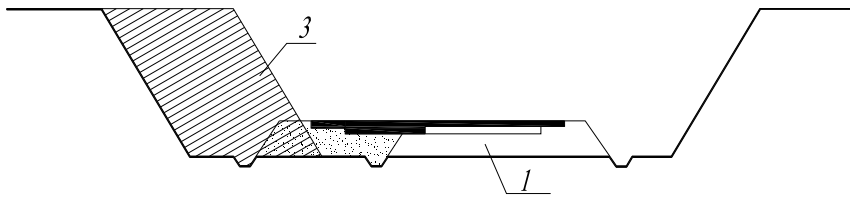
б) одностороннее уширение в насыпях



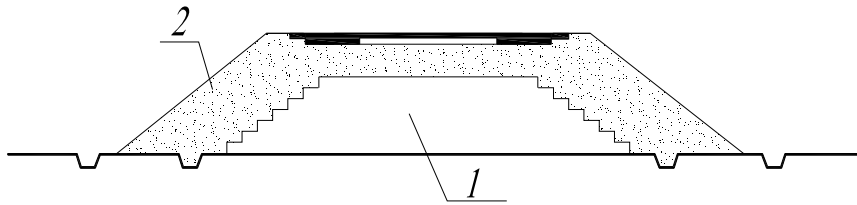
в) двухстороннее уширение в выемках



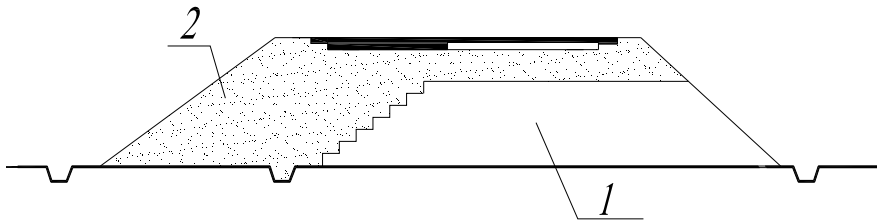
г) одностороннее уширение в выемках



д) увеличение высоты насыпи с двусторонним уширением



е) увеличение высоты насыпи с односторонним уширением



ж) увеличение глубины выемки

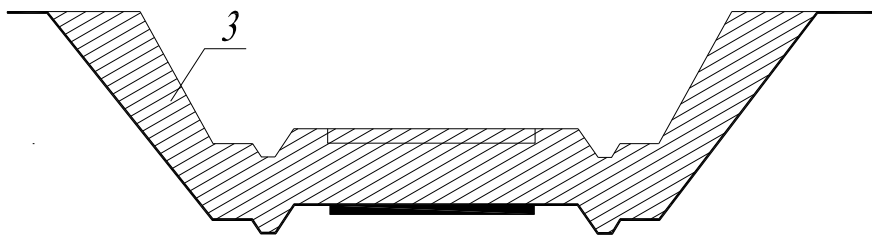


Рисунок 1. Схемы реконструкции земляного полотна.

При реконструкции земляного полотна следует стремиться в наибольшей степени использовать существующее «здоровое» земляное полотно. Под «здоровым» понимают земляное полотно, в котором отсутствуют всяческие

горизонты воды (верховодка) вследствие неблагоприятного взаиморасположения фильтрующих и малопроницаемых грунтов, склонных к морозному пучению, а также отсутствуют включения оглееных глинистых или иловатых грунтов.

Важное значение имеет выбор грунтов для устройства нового земляного полотна. Присыпаемая часть уширяемого земляного полотна должна работать с существующим как единая конструкция. Оптимальным является применение при уширении тех же грунтов, которые использовались при ее возведении. Если это невозможно, то следует использовать только песчаные непывчатые грунты. Исключение составляют насыпи высотой до 2 м симметрично уширяемые, когда дорожная одежда располагается на существующем земляном полотне возможно применение любых грунтов.

При выборе грунтов для реконструкции земляного полотна следует руководствоваться указаниями, изложенными в [3].

При реконструкции также может возникать необходимость в исправлении продольного профиля трассы путем увеличения высоты насыпи или глубины выемки существующей дороги.

Увеличение высоты насыпи производят на снегозаносимых участках с целью поднятия бровки земляного полотна до отметки снегонезаносимой насыпи, на пучинистых участках и участках с высоким уровнем грунтовых или стоячих поверхностных вод до отметки, превышающей капиллярное поднятие воды, и на участках смягчения продольного уклона.

Увеличение высоты насыпи может сочетаться с односторонним или двухсторонним уширением насыпи.

Увеличение глубины выемки проводят при смягчении продольного уклона, увеличении видимости в продольном профиле на вертикальных выпуклых кривых и др.

После назначения способов реконструкции земляного полотна (уширение насыпи или углубление выемки, исправление продольного профиля в насыпи или выемки) необходимо вычертить основные характерные поперечные профили дороги после реконструкции.

Величину заложения откосов принимать по [3, гл.6] в зависимости от высоты насыпи (глубины выемки) и характеристик грунтов, используемых для возведения земляного полотна дороги

### **3.3. Расчёт конструкции дорожной одежды**

Прочность дорожных конструкций является одним из важнейших транспортно-эксплуатационных показателей, влияющих на технический уровень и эксплуатационное состояние автомобильной дороги.

В качестве обобщающего критерия несущей способности (прочности) используют величину обратимого прогиба (модуля упругости) конструкции.

Для оценки прочности существующих дорожных одежд на предмет обеспечения конструкцией дорожной одежды несущей способности определяют фактический ( $E_{факт.}$ ) модуль упругости дорожной одежды.

Фактические показатели прочности дорожных одежд определяют по результатам полевых испытаний, в ходе которых определяют фактический прогиб ( $\ell_{\phi}$ ) дорожной конструкции. Полученные величины прогибов ( $\ell_{\phi}$ ) используют для расчета фактических модулей упругости дорожной конструкции [6, формула 3.8].

Значения фактического модуля упругости дорожной одежды  $E_{факт}$  приведены в задании.

Вопрос об усилении дорожной одежды рассматривается всегда, когда ее фактический модуль упругости ( $E_{ф}$ ), определенный в результате полевых испытаний, оказывается меньше требуемого по условиям движения ( $E_{тр}$ ). Если на момент проведения обследований фактический модуль упругости больше требуемого ( $E_{ф} > E_{тр}$ ), а ровность покрытия неудовлетворительная, осуществляют укладку выравнивающего слоя с обеспечением сцепных свойств поверхности дорожного покрытия.

В общем случае требуемый модуль упругости дорожных одежд и земляного полотна определяют по формуле

$$E_{тр} = E_{\min} \cdot K_{np} \cdot K_{рег} \cdot K_{cu} \cdot K_z \cdot \frac{1}{X_j}, \quad (5)$$

где  $X_j$  - параметр, зависящий от допускаемой вероятности повреждения покрытий (табл.1 прил.6 [6]).

$K_{рег}$  - региональный коэффициент;  $K_{рег} = 1$  - для I-IV ДКЗ;  $K_{рег} = 0,85$  для V ДКЗ;

$K_z$  - расчетный коэффициент, зависящий от фактической интенсивности дорожного движения (табл.4 прил.6 [6]);

$K_{cu}$  - коэффициент, учитывающий сопротивление конструктивных слоев дорожных одежд сдвигу и изгибу (табл.3 прил.6 [6]).

Для случая роста интенсивности движения во времени в соответствии с законом геометрической прогрессии

$$E_{\min} = A + B \left[ \lg \left( \gamma \cdot \omega^* \cdot N_1 \cdot \frac{q^i - 1}{q - 1} \right) - 1 \right], \quad (6)$$

где  $A$  и  $B$  - эмпирические коэффициенты:  $A = 125$  МПа;  $B = 68$  МПа;

$\gamma$  - параметр, учитывающий суммарное число приложений расчетной нагрузки и принимаемый для усовершенствованных капитальных, облегченных и переходных одежд соответственно:  $\gamma = 0,12$ ;  $\gamma = 0,148$ ;  $\gamma = 0,171$ ;

$\omega^*$  - коэффициент, учитывающий продолжительность расчетного периода и агрессивность воздействия расчетных автомобилей в разных погодноклиматических условиях (принимают по таблицам 5.1 и 5.2 прил.6 [6]);  
 $t_i$  - на момент реконструкции принимается равным нормативному сроку службы дорожной одежды, годы.

Нормативный срок службы дорожной одежды и соответствующий ему нормативный уровень надежности конструкции принимают по табл.6 прил.6 [6].

$N_1$  - среднесуточная интенсивность движения на полосу в расчетный период 1-го года эксплуатации, приведенная к расчетным автомобилям, авт./сут.

$$N_1 = N_\phi \cdot q, \quad (7)$$

где  $q$  - показатель роста интенсивности движения (см. задание);

$t_i$  - расчетный период эксплуатации дорожной одежды, годы;

$N_\phi$  - приведенная к расчетной нагрузке фактическая интенсивность движения на полосу на момент проведения полевых испытаний, авт./сут:

$$N_\phi = N \cdot \sum_{j=1}^{\omega} \alpha_j \cdot P_j, \quad (8)$$

где  $N$  - интенсивность движения транспортного потока на полосу в момент испытания дорожной конструкции, авт./сут ;

$\omega$ - количество типов автомобилей в транспортном потоке;

$\alpha_j$  - коэффициент приведения рассматриваемого типа автомобиля к расчетной нагрузке (см. прил.1 [6]);

$P_j$  - доля  $j$ -го типа автомобиля в составе транспортного потока (см.задание).

В случаях, когда нет отдельного учета движения по отдельным полосам, интенсивность движения на полосу определяют по формуле

$$N = N^* \cdot f_n, \quad (9)$$

где  $N^*$  - суммарная интенсивность движения транспортного потока на дороге, авт./сут (см.задание);

$f_n$  - коэффициент, учитывающий количество полос движения на обследуемой дороге (для двухполосных дорог - 0,55).

Для оценки прочности и расчета усиления нежестких дорожных одежд следует использовать расчетную осевую нагрузку 100 кН.

Таблица 3 - Основные параметры расчетной нагрузки

Расчетная статическая нагрузка на ось, кН	Среднее расчетное удельное давление на покрытие, МПа	Расчетный диаметр отпечатка колеса, см	
		Статическое нагружение	Кратковременное нагружение
100	0,6	33	37

При приведении транспортного потока к расчетной нагрузке движение легковых автомобилей не учитывают.

Коэффициенты приведения ( $\alpha_j$ ) осевых нагрузок транспортных средств к расчетной осевой нагрузке определяют по формуле:

$$\alpha_j = \left( \frac{Q_j}{Q_p} \right)^\beta, \quad (10)$$

где  $Q_p$  - расчетная осевая нагрузка, равная 100 кН;

$Q_j$  - нагрузка на ось приводимого  $j$ -го автомобиля, кН;

$\beta$  - показатель, учитывающий тип дорожной одежды (см. табл.2 прил. 6 [6]).

В табл.2 прил.1 [6] представлены рассчитанные коэффициенты приведения осевых нагрузок ( $\alpha_j$ ) для некоторых автомобилей.

Независимо от результата, полученного по формуле, величина ( $E_{\min}$ ) должна быть не менее указанной в таблице:

Категория дороги	$E_{\min}$		
	Капитальные	Облегченные	Переходные
I	230	-	-
II	220	210	-
III	200	200	-
IV	-	150	100
V	-	100	50

Толщины слоев усиления устанавливаются расчетом согласно [6, гл.5].

Расчет толщины слоев усиления ведут по установленному соотношению ( $E_{тр}/E_{ф}$ ), используя номограмму [6, прил. 6].

При использовании номограммы сначала назначают модули упругости слоев усиления  $E$  (по ОДН 218.046-01 [5]), затем рассчитывают соотношения ( $E_{ф}/E_1$ ) и ( $E_{тр}/E_1$ ). Откладывают полученное соотношение ( $E_{ф}/E_1$ ) на оси ординат, проводят горизонталь до пересечения с наклонной линией, характеризующей соотношением ( $E_{тр}/E_1$ ).

Из точки пересечения опускают вертикаль до пересечения с осью абсцисс, где находят соотношение ( $X = h/D$ ). Используя расчетный диаметр от-

печатка колеса (D) (табл.1 прил.1 [6]), определяют искомую толщину слоя усиления

$$h = X \cdot D \quad (11).$$

При проектировании усиления дорожной одежды капитального, облегченного или переходного типа, находящейся в неудовлетворительном состоянии по ровности, минимальную толщину слоя усиления (h) из материала, содержащего органическое вяжущее, назначают с учетом перспективной интенсивности движения на полосу ( $N_t$ ), приведенной к расчетным нагрузкам:

$N_t$ , авт./сут	100	200	500	1000	2000	5000	>5000
$h$ , см	7	8	10	12	13	15	17

Величину ( $N_t$ ) для случая роста интенсивности движения во времени в соответствии с законом геометрической прогрессии определяют по формуле

$$N_t = \gamma \cdot \omega * N_1 \cdot \frac{q^t - 1}{q - 1} \quad (12)$$

При проектировании усиления дорожной одежды следует руководствоваться рекомендациями [6, гл.5].

На участках уширения проезжей части и земляного полотна устраивается новая дорожная одежда. Состав и материал конструктивных слоев вновь устраиваемой дорожной одежды на полосах уширения назначается согласно рекомендаций [3, 5, 9,12]. Расчетные значения модулей упругости грунтов и материалов допускается принимать в соответствии с указаниями [5, прил. 2 и 3].

Толщины конструктивных слоев дорожной одежды устанавливаются расчетом согласно [5, гл.3]. При этом, должна быть обеспечена равнопрочность всей дорожной одежды в пределах ширины новой проезжей части, то есть прочность дорожной одежды на полосах уширения должна соответствовать прочности дорожной одежды на основной проезжей части.

Также наряду с требуемой прочностью и устойчивостью должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожных одежд. Расчет на морозоустойчивость выполняется согласно [5, гл.4].

В случае реконструкции дороги с полным переустройством существующей дорожной одежды (заменой на новую) конструирование и расчет новой дорожной одежды ведется как для нового строительства [5].

#### 4. Технология производства работ по реконструкции дороги

Выбор и назначение технологических мероприятий определяется видом реконструкции земляного полотна (одностороннее или двустороннее ушире-

ние насыпи (выемки), исправление продольного профиля), заданной категорией дороги до и после реконструкции, а также средней высотой насыпи (выемки).

#### **4.1. Назначение технологии производства работ при реконструкции земляного полотна**

Существуют определенные различия в технологии работ по уширению насыпей и выемок.

Основные выполняемые работы при уширении земляного полотна в насыпи:

1. Снятие растительного слоя.
2. Засыпка боковых канав с уплотнением грунта и планировка поверхности полосы уширения.
3. Рыхление откосов или нарезка уступов.
4. Транспортировка грунта, послойная отсыпка и уплотнение грунта в уширяемой части насыпи.
5. Планировка и укрепление откосов.
6. Устройство водоотводных канав.

Основные выполняемые работы при уширении земляного полотна в выемки:

1. Снятие растительного слоя.
2. Засыпка боковых кюветов.
3. Разработка грунта откосов и его транспортировка.
4. Отсыпка и уплотнение грунта уширяемой части земляного полотна.
5. Планировка и укрепление откосов.
6. Устройство боковых кюветов.

Работы следует начинать со снятия растительного слоя на обочинах, откосах уширяемой части и в пределах полосы уширения насыпи. Средняя толщина снимаемого растительного слоя составляет 20-25 см. Растительный слой с откосов снимают автогрейдерами и перемещают в сторону бульдозером. На высоких насыпях, недоступных для работы автогрейдера, растительный грунт снимают экскаваторами-драглайн или с обратной лопатой. Растительный грунт с полосы уширения срезают бульдозерами или автогрейдерами. Снятый растительный грунт грузят в автосамосвалы и вывозят в места за пределами производства земляных работ для последующего использования грунта для укрепления откосов вновь возведенного земляного полотна.

Затем выполняют работы по засыпке боковых кюветов. Засыпка производится послойно местным грунтом с тщательным уплотнением. Уплотнение производят вибротрамбующими машинами типа БТМ-1 или малогабаритными виброуплотнителями типа ВУ-800, ВУ-1500.



Планировку поверхности полосы уширения выполняют автогрейдерами или бульдозерами.

После засыпки боковых канав и планировки поверхности приступают к работам по уширению земляного полотна. При этом важной задачей является обеспечение надежного сопряжения присыпаемого грунта с грунтом существующего земляного полотна.

Для этого при высоте насыпи до 2 м крутизне откосов до 1:5 достаточно разрыхлить грунт на откосах рыхлителем на глубину 0,2-0,25 м.

На более высоких насыпях с крутизной откосов до 1:3 бульдозером или автогрейдером нарезают уступы высотой 0,3-0,5 м с уклоном 50%. В насыпях из песчаных грунтов уклон уступов делают к оси дороги, в глинистых – от оси дороги.

Вначале нарезают нижний уступ и отсыпают первый слой уширяемой насыпи. Затем вышерасположенный, срезанный грунт перемещают на нижний уступ, распределяя его заданной толщиной слоя, и тщательно уплотняют. При возведении уширяемой части насыпи одной из важнейших операций является уплотнение грунта. Уплотнение ведется самоходными катками.

Грунт для уширяемой насыпи разрабатывается в карьере и доставляется к месту укладки самосвалами. Разравнивание грунта выполняется бульдозерами или автогрейдерами на заданную толщину уплотняемого слоя.

Планировку откосов земляного полотна производят автогрейдерами, а при высоких насыпях навесными откосопланировщиками или экскаваторами, оборудованными двухотвальным скребком. Уплотнение грунта на откосах насыпи ведут экскаватором-драглайном, оборудованным прицепным катком.

Технология производства работ по уширению выемок несколько отличается от работ по уширению насыпей.

После снятия растительного слоя, так же как и при уширении насыпи, выполняют работы по засыпке боковых кюветов с послойным уплотнением грунта.

Выемки глубиной до 2 м уширяют бульдозером или экскаватором. Более глубокие выемки уширяют экскаватором-драглайн или с обратной лопатой, располагая их у верхней бровки выемки.

Разборка откосов выемки ведется на заданную ширину с перемещением грунта в насыпь или в отвал или с погрузкой его на самосвалы и транспортировкой на место отсыпки. Затем при необходимости уширяют земляное полотно дороги.

После этого бульдозером или планировщиком выполняют планировку откосов, нарезают водоотводные лотки автогрейдером или канавокапателем, а затем при необходимости укрепляют откосы.

Исправление продольного профиля при реконструкции дороги осуществляется путем увеличения высоты насыпи или глубины выемки существующей дороги.

Выбор порядка и технологии производства работ при исправлении продольного профиля (повышение высоты насыпи или глубины выемки) зависит от ряда факторов: высоты старой насыпи (глубины выемки) и крутизны ее откосов, величины повышения насыпи (углубления выемки) и крутизны новых откосов, положения оси дороги до и после реконструкции, типа и состояния дорожной одежды, грунтов и системы водоотвода и т.д.

При повышении насыпи до 0,5 м старая дорожная одежда может быть использована как основание, на котором устраивается новая дорожная одежда.

При увеличении высоты насыпи свыше 0,5 м старую дорожную одежду как правило разбирают, перерабатывают и обогащают материалами, а затем используют при строительстве новой дорожной одежды. В некоторых случаях при разборке гравийных или щебеночных покрытий материалы оказываются настолько измельченными, слабopочными и загрязненными, что затраты на их переработку превышают стоимость строительства новой дорожной одежды. В этом случае дорожную одежду не разбирают, а засыпают грунтом (хоронят в земляном полотне).

Основные работы по повышению высоты насыпи выполняются в следующей последовательности:

1. Снятие растительного слоя с обочин, откосов и поверхности прилегающей полосы.
2. Засыпка кюветов или боковых канав с послойным уплотнением грунта.
3. Послойная разборка и удаление материалов слоя старой дорожной одежды (при технико-экономическом обосновании).
4. Рыхление откосов или нарезка уступов.
5. Транспортировка грунта к месту производства работ, послойная отсыпка и уплотнение грунта.
6. Планировка и укрепление откосов.
7. Устройство водоотводных канав.

Работы по повышению высоты насыпи ведутся так же как и при уширении земляного полотна. После снятия растительного слоя засыпают кюветы или боковые канавы с послойным уплотнением грунта. Затем послойно отсыпают откосные части насыпи с рыхлением старого откоса ли нарезкой уступов. Если ширина отсыпаемого откоса достаточно для работы бульдозера, автогрейдера и катков, то каждый уступ нарезают шириной 0,3-0,5 м, высотой равной высоте отсыпаемого слоя - 0,2-0,3 м. Отсыпают и уплотняют грунт. Затем нарезают второй снизу уступ и так отсыпают откосную часть до бровки старой насыпи.

Если ширина отсыпаемых откосов недостаточна для работы машин (меньше 1,5-2,0 м), то возможно одно из следующих решений:

а) увеличивают ширину уступов так, чтобы обеспечить возможность работы дорожных машин при послойной отсыпке откосной части земляного полотна;

б) увеличивают ширину вновь отсыпаемых слоев, которые после возведения насыпи срезают, а грунт перемещают на другие участки работы.

Дальнейшее повышение высоты насыпи ведется по обычной технологии возведения земляного полотна.

Работы по увеличению глубины выемок более сложные чем при увеличении высоты насыпей.

При увеличении глубины выемок неизбежны увеличение ее ширины по верху, снятие старой дорожной одежды, переустройство системы водоотвода и дренажа.

Работы по углублению выемок начинаются со снятия растительного слоя с откосов и выемки и поверхности земли на полосе уширения..

После этого производят уширение выемки до отметки бровки существующей дороги сначала с одной, а потом с другой стороны или с обеих сторон одновременно.

При величине уширения более 2 м разработку откосов выемки можно выполнять бульдозером с продольным перемещением грунта. При меньшей величине уширения разработку откосов выполняют экскаватором-драглайн или экскаватором с обратной лопатой, которые устанавливают наверху откоса и разрабатывают грунт с погрузкой в транспортные средства или в отвал.

При уширении и углублении больших и глубоких выемок используют экскаватор с прямой лопатой, который разрабатывает откос ярусами с погрузкой грунта в транспортные средства.

После того, как откосы выемки разработаны на глубину до отметки бровки существующей дороги, приступают к углублению выемки до проектной отметки. Работы по углублению выполняют скреперами или бульдозерами.

Завершающим этапом работ по углублению выемок являются планировка и укрепление откосов, нарезка и укрепление кюветов и водоотводных канав. Устройство дорожной одежды ведется как при новом строительстве.

При производстве работ по устранению причин пучинообразования, как правило, возникает необходимость в разборке существующей дорожной одежды.

Разборка существующей дорожной одежды требуется при замене пучинистого грунта, устройстве гидроизоляционных прослоек, морозозащитных и теплоизолирующих слоев.

Замену пучинистого грунта земляного полотна в насыпях начинают со снятия растительного слоя с обочин и откосов. Затем разрушают и послойно снимают дорожную одежду. После этого разрыхляют верхний слой насыпи рыхлителями, бульдозерами или скреперами снимают пучинистый грунт и перемещают его в отвал или отвозят к месту укладки. Дренирующий грунт доставляется самосвалами из карьера и послойно отсыпается с уплотнением до рабочей отметки.

При устройстве траншейного дренажа работы выполняются в следующем порядке:

- разработка грунта в траншеях одноковшовым экскаватором с обратной лопатой или экскаватором-драглайн;
- подготовка, раскатка и укладка рулонов синтетического материала в траншею с креплением скрепками;
- укладка щебеночного или гравийного слоя, трубы дренажной керамической и засыпка щебеночным или гравийным материалами;
- засыпка траншеи грунтом с помощью бульдозера с послойным уплотнением трамбовками.

Технология работ по устройству гидроизолирующих прослоек зависит от конструкции дорожной одежды и местоположения гидроизолирующей прослойки.

Если гидроизолирующая прослойка укладывается только на ширину обочины, то снимают грунт с обочин до поверхности песчаного слоя, выравнивается и уплотняется песчаный слой, укладывается прослойка, затем отсыпается и уплотняется грунт на присыпной обочине.

Если гидроизолирующая прослойка устраивается по всей ширине земляного полотна, то необходима разборка существующей дорожной одежды и части земляного полотна до отметки местоположения прослойки. После укладки гидроизолирующей прослойки работы по возведению земляного полотна и дорожной одежды ведутся как и при новом строительстве.

Для устройства теплоизолирующих и морозозащитных слоев также требуется выполнить разборку существующей дороги до заданной проектной отметки. После чего, технология работ по устройству теплоизолирующих и морозозащитных слоев не отличается от технологии устройства слоев дорожной одежды из этих материалов.

#### **4.2. Назначение технологии производства работ при реконструкции дорожной одежды**

При реконструкции дороги возможны следующие варианты перестройки дорожной одежды:

а) полная разборка существующей дорожной одежды с использованием полученного материала при строительстве новой дорожной одежды, укреплении обочин и т.д.;

б) разрушение существующей дорожной одежды, ее уширение и усиление новым материалом с укладкой слоев покрытия;

в) сохранение существующей дорожной одежды, ее ямочный ремонт или регенерация асфальтобетонного покрытия с последующей укладкой слоя усиления

г) сохранение существующей дорожной одежды, ее ямочный ремонт или регенерация асфальтобетонного покрытия с последующей укладкой слоя усиления

В зависимости от заданного способа реконструкции дороги (уширение, исправление продольного профиля, замена пучинистых участков) и принятой технологии производства работ при реконструкции земляного полотна принимается решение по реконструкции дорожной одежды.

Технология полной разборки слоев существующей дорожной одежды включает следующие операции:

- послойное рыхление слоев существующего покрытия и основания бульдозером с навесным рыхлителем. Для слоев из гравийных и гравийно-песчаных смесей возможно применение автогрейдера с кирковщиком. Проходы рыхлительных машин осуществляются с перекрытием на 0,2...0,25 м ширины.

- разрушенный материал каждого слоя сдвигают в кучи, расположенные на расстоянии 15-20 м одна от другой. Сдвигку материала осуществляют бульдозером.

- разрушенные слои материала грузят в автомобили-самосвалы и отвозят на место складирования. Для погрузки могут быть использованы одноковшовые фронтальные погрузчики либо экскаваторы с ковшом прямой или обратной лопата.

Полученный материал может быть использован при строительстве новой дорожной одежды, укреплении обочин и т.д.

После полной разборки дорожной одежды и проведения необходимых работ по реконструкции земляного полотна устраивается новая дорожная одежда, технология возведения которой изложена в [11].

Возможна частичная разборка дорожной одежды, когда дорожная одежда разбирается только на часть толщины. Решение о частичной разборке может быть принято при необходимости выравнивания существующего слоя покрытия, на котором образовались глубокие трещины, колеи, наплывы и другие неровности, и при удалении верхнего ослабленного слоя покрытия,

В целях частичной разборки покрытия широкое применение находят методы регенерации и повторного использования материала покрытия. Разли-

чают методы горячей, холодной и комбинированной регенерации. Регенерация предполагает снятие верхнего старого слоя покрытия на часть толщины, переработку полученного материала с восстановлением или улучшением его первоначальных свойств и повторное использование полученного материала для строительства нового покрытия или слоев усиления.

Технология производства работ при регенерации дорожной одежды приведена в [10].

Работы по уширению дорожной одежды зависят от категории существующей дороги и могут проводиться как с одновременным уширением, так и без уширения земляного полотна.

Уширение проезжей части без уширения земляного полотна производится за счет уменьшения ширины обочин.

Такое уширение может быть достигнуто различными способами:

- уширение проезжей части, то есть дорожной одежды;
- устройство укрепленной краевой полосы;
- укрепление обочин.

При переводе дороги в более высокую категорию требуется уширение земляного полотна. Тогда геометрические размеры проезжей части и обочин принимаются в соответствии с нормативными требованиями для принятой категории после реконструкции дороги.

Способ уширения проезжей части определяется способом уширения земляного полотна.

### **5. Организация работ по реконструкции земляного полотна и дорожной одежды**

Исходя из принятых технологических мероприятий по реконструкции земляного полотна и дорожной одежды, способа производства работ, категории реконструируемой дороги, ее технических параметров определяют объемы подготовительных, основных и отделочных работ.

Рассчитанные объемы работ сводятся в таблицу:

Виды работ	Объем работ, м <sup>3</sup> (т)		
	На захватку	На 1 км	На весь участок дороги
1	2	3	4

Темп потока, сменный объем и продолжительность работ по реконструкции земляного полотна и дорожной одежды рассчитывается по каждой технологической операции исходя из производительности ведущей машины при коэффициенте ее использования, равном 1.

Продолжительность выполнения работ по выполнению технологической операции рассчитывается в сменах по формуле:

$$T_{см} = V_{рек} / П_{вед.м.}, \quad (13)$$

где  $V_{рек}$  – объем работ, м<sup>3</sup> (т);  $П_{вед.м.}$  – производительность ведущей машины, м<sup>3</sup>/см (т/см).

Тогда, длина сменной захватки определяется как:

$$L_{см} = L / T_{см}, \quad (14)$$

где  $L$  - длина реконструируемого участка дороги, м.

Для определения требуемого количества автомобилей-самосвалов определяют среднюю дальность перевозки материалов.

В расчетах принимаются следующие расстояния от грунтовых карьеров и баз дорожно-строительных материалов до выхода на нулевой километр трассы: песчаный карьер -15 км; грунтовый карьер – 10 км; щебень с ж/д станции – 25 км; асфальтобетон с АБЗ – 18 км.

Средняя дальность возки определяется по формуле:

$$l_{cp} = \frac{2 \cdot l \cdot (c_1 + c_2) + c_1^2 + c_2^2}{2 \cdot (c_1 + c_2)} \text{ км}$$

где  $l$  - расстояния от места загрузки машины до выхода на трассу;  $c_1$  и  $c_2$  – см. пояснения на рисунке 2.

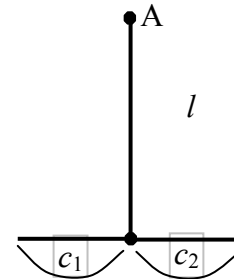


Рисунок 2 - Схема к определению дальности возки материалов.

Производительность машин, занятых на производстве работ, определяется по ЕНиР или по формулам исходя из технических характеристик принятых машин и механизмов [15].

Технологическая последовательность процессов с расчетом материально-технических ресурсов сводится в таблице:

№ п/п	Номер захватки	Рабочий процесс	Ед. изм.	Сменный объем работ	Марка машины	Производительность в смену	Потребность в машинах на захватку	Коэффициент использования	Почасовой график							
									1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

### 6. Контроль качества работ и охрана труда

В этом разделе следует указать основные положения по организации контроля качества выполняемых работ: указать виды технического контроля, порядок приемки выполненных работ, перечень нормируемых параметров и характеристик грунта и дорожно-строительных материалов, указать какие виды работ подлежат промежуточной приемке с составлением актов на скрытые работы, ответственность должностных лиц по контролю качества работ.

Также следует осветить положения по охране труда на строительных объектах и общие требования по технике безопасности.



## ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика.
2. СП 131.13330.2012 "СНиП 23-01-99. Строительная климатология".
3. СП 34.1330.2012 "СНиП 2.05.02-85". Автомобильные дороги".
4. ГОСТ Р 52399-2005. Геометрические элементы автомобильных дорог.
5. ОДН 218.046-2001. Проектирование нежестких дорожных одежд.
6. ОДН 218.1.052-2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд.
7. ОДН 218.0.006-2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог.
8. Отраслевой дорожный методический документ. Методические рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования (взамен ВСН 24-88).
9. Бабков В.Ф., Могилевич В.М., Некрасов В.К. и др. Реконструкция автомобильных дорог // Под ред. Бабкова В.Ф. – М.: Транспорт, 1978. – 264 с.
10. А.П. Васильев, Ю.М. Яковлев, М.С.Коганзон. Реконструкция автомобильных дорог. Технология и организация работ: Учебное пособие / МАДИ (ТУ). – М,1998. – 125 с.
11. Технология и организация строительства автомобильных дорог: учебник для вузов / Н. В. Горелышев [и др.]; под ред. Н. В. Горелышева. - М.: Интеграл, 2013. - 551 с.
12. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования. Типовые материалы для проектирования 503-0-48.87. – М.: Союздорпроект, 1987.
13. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования. Типовые материалы для проектирования. Серия 3.503-71/88.0. – М.: Союздорпроект, 1988.
14. СП 78.13330.2012 "СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги".
15. Средства дорожной механизации: технические характеристики и расчет производительности: Учебное пособие / Горячев М.Г., Лугов С.В. – М.: Издание МКГП, 2003 г. – 67 с.
16. Корочкин А.В. Проектирование усиления дорожных одежд. Учебное пособие / МАДИ., 2007. - 86 с.
17. Автомобильные дороги и аэродромы: правила и порядок оформления дипломных (курсовых) проектов и работ : метод. указ. / сост. К.А. Андрианов, А.Ф. Зубков. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 28 с.

**Приложение 1 - Исходные данные для проектирования реконструкции автомобильной дороги.**

№ варианта	Район проектирования, область	Дорога			Земляное полотно			Дорожная одежда		
		Протяженность, км	Категория		Средняя высота насыпи (+) или глубина выемки (-) существующей дороги	Уширение		Фактический модуль упругости $E_{факт}$ , МПа	Расчетная приведенная нагрузка $N_p$ , авт./сут.	Конструкция существующей дорожной одежды, см
			Существующей дороги	После реконструкции		одностороннее	двустороннее			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Московская	15	3	2	+1,5	+		165	360	а/б – 6; щ. – 25; п. – 20; г.1
2	Белгородская	12	4	3	+0,5		+	115	222	ч.щ. – 10; пгс – 15; г.1
3	Тамбовская	16	4	3	+1,2	+		125	190	ч.щ. – 8; шлак – 16; п. – 20; г
4	Воронежская	14	3	2	-0,6	+		180	310	а/б – 5; щ. – 15; пгс – 15; п. – 20; г.
5	Пензенская	13	3	2	+0,3	+		175	350	а/б – 8; щ. – 15; п. – 20; г.
6	Тюменская	15	4	3	-0,8		+	127	220	ч.щ. – 6; пгс -14; п – 15; г
7	Иркутская	17	3	2	+0,5		+	184	310	а/б – 6; ч.щ.–10; щ. – 15; п. – 20; г.
8	Волгоградская	18	3	2	-1,3	+		172	342	а/б – 5; щ. – 15; пгс – 15; п. – 20; г.

## Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	Ростовская	12	4	3	-1,7		+	119	231	ч.щ. – 6; шлак – 15; п. – 18; г
10	Ярославская	15	3	2	+0,8		+	167	324	а/б – 6; щ. – 20; п. – 20; г.
11	Тульская	16	4	3	+0,4	+		142	175	ч.щ. – 10; пгс – 15; п. – 15; г
12	Хабаровский край	13	3	2	+2,5		+	191	290	а/б – 6; щ. – 15; пгс – 15п. – 20; г.
13	Рязанская	17	4	3	-1,8		+	105	227	ч.щ. – 10; пгс – 20; г.1
14	Тобольская	19	4	3	+1,3	+		111	180	ч.щ. – 10; шлак – 10; г.1
15	Орловская	20	4	2	+0,3	+		126	290	ч.щ. – 10; пгс – 10; п. – 15; г
16	Вологодская	16	3	2	+2,2		+	163	366	а/б – 8; щ. – 15; п. – 20; г.
17	Костромская	14	4	3	+1,9		+	134	212	ч.щ. – 8; пгс – 22; г
18	Тверская	17	3	2	-0,9	+		177	315	а/б – 4; ч.щ. – 8; щ. – 15; п. – 20; г.
19	Астраханская	12	4	2	+0,9	+		130	306	ч.щ. – 6; пгс – 10; п. – 20; г.1
20	Томская	18	3	2	+3,0	+		155	342	а/б – 6; ч.щ. – 10; щ. – 15; п. – 20; г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	4
СОСТАВ И ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ .....	5
1. Характеристика природно-климатических условий района прохождения дороги.....	5
2. Технические параметры и транспортно-эксплуатационное состояние дороги до и после реконструкции.....	6
3. Проектирование реконструкции участка автомобильной дороги.....	8
3.1. Технические параметры дороги после реконструкции .....	8
3.2. Проектирование конструкции земляного полотна .....	8
3.3. Расчёт конструкции дорожной одежды.....	11
4. Технология производства работ по реконструкции .....	15
4.1. Назначение технологии производства работ при реконструкции земляного полотна .....	16
4.2. Назначение технологии производства работ при реконструкции дорожной одежды .....	20
5. Организация работ по реконструкции земляного полотна и дорожной одежды .....	22
6. Контроль качества работ и охрана труда .....	24
Литература .....	25
Приложение 1 .....	26