

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова

## **Пути сообщения, технологические сооружения**

Методические указания к выполнению практических и расчетно-  
графических заданий по дисциплине «Пути сообщения,  
технологические сооружения» для бакалавров по направлению  
190700.62 «Технология транспортных процессов»  
профиля подготовки 190700.62-01 «Организация и безопасность  
движения»

Белгород  
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова  
Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено  
научно-методическим советом  
университета

## **Пути сообщения, технологические сооружения**

Методические указания к выполнению практических и расчетно-  
графических заданий по дисциплине «Пути сообщения,  
технологические сооружения» для бакалавров по направлению  
190700.62 «Технология транспортных процессов»  
профиля подготовки 190700.62-01 «Организация и безопасность  
движения»

Белгород  
2013

УДК 656. (3.05/(07))

ББК 39.808 я 7

П90

Составители: ст. преп. А.С. Погромский  
канд. техн. наук, доц. С.А. Гнездилова  
Рецензент канд. техн. наук, доц. А.Н. Котухов

**Пути сообщения, технологические сооружения: методические**  
П 90 указания к выполнению практических и расчетно-графических  
заданий / сост.: А.С. Погромский, С.А. Гнездилова. – Белгород:  
Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. – 14 с.

В методических указаниях определен ряд вопросов проектирования основных элементов автомобильных дорог: определение категории дороги, расчет и назначение технических нормативов на проектирование, проектирование продольного профиля, назначение поперечных профилей.

Методические указания предназначены для бакалавров по направлению 190700.62 «Технология транспортных процессов» профиля подготовки 190700.62-01 «Организация и безопасность движения».

Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 656. (3.05/(07))

ББК 39.808 я 7

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2013

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ**

Цель расчетно-графического задания – закрепить знания, полученные студентами при изучении теоретических основ по проектированию основных элементов автомобильных дорог, дать возможность получить первоначальные навыки по применению этих знаний на практике в процессе решения поставленных задач.

Основные задачи расчетно-графического задания:

- научить студентов производить расчеты и технико-экономические обоснования технических нормативов, применяемых при проектировании автомобильных дорог;
- привить студентам навыки по методам проектирования продольного и поперечных профилей дороги;
- научить самостоятельно принимать и уметь обосновывать инженерные решения при проектировании;
- обучить студентов умению пользоваться различной справочной литературой, строительными нормами и правилами (СНиПами), типовыми проектами и другими материалами, необходимыми при составлении проекта автомобильной дороги.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ**

РГЗ состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

1. Краткое описание природных условий и экономики района проложения трассы.
2. Обоснование категории дороги и расчет нормативов на проектирование дороги.
3. Проектирование продольного профиля по исходным данным.
4. Назначение поперечных профилей.

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ**

Пояснительная записка должна состоять из титульного листа, задания на выполнение РГЗ, содержания, текста пояснительной записки (объемом 10-15 с), списка литературы и приложений.

Пояснительная записка с необходимыми расчетами, обоснованиями, рисунками, таблицами и титульный лист должны быть написаны на стандартных листах бумаги формата А4 и оформлены в соответствии с ЕСКД. В тексте пояснительной записки приводятся

формулы с пояснением всех символов и с последующей подстановкой числовых величин, указываются размерности всех величин. Страницы пояснительной записки подлежат сквозной нумерации. Ссылки на литературу в тексте записки указываются в квадратных скобках. Список литературы составляется в порядке ее использования.

Графическая часть проекта выполняется в соответствии с установленными стандартами [1,2] и подшивается к пояснительной записке после списка использованной литературы.

## СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

### 1. Краткое описание природно-климатических условий района проложения трассы

При описании природных условий необходимо указать, в какой климатической зоне расположена дорога, и дать краткую характеристику данной климатической зоны.

В пояснительной записке приводится краткое описание геофизических особенностей района проектирования дороги [3].

1. **Климат.** Студент собирает и изучает следующие характеристики климата:

- среднемесячные, максимальные и минимальные температуры воздуха;
- летнее, зимнее и среднегодовое количество осадков;
- глубину промерзания;
- господствующие ветры в летний и зимний период, что позволяет определить наиболее вероятные места снежных заносов на дороге.

2. **Рельеф местности и растительность.** Произвести анализ рельефа и растительности указанного района.

3. **Грунтово-геологические и гидрологические условия.** Для заданного района проектирования в пояснительной записке необходимо привести краткое описание грунтово-геологических и гидрологических условий.

4. **Экономика района и дорожно-строительные материалы.** Кратко охарактеризовать дорожную сеть района проектирования, промышленность, местные материалы и отходы местного производства.

## 2. Обоснование категории дороги, расчет и обоснование технических нормативов на проектирование

### 2.1. Определение категории дороги и расчетной скорости движения

Категория дороги определяется на основе указаний СНиП 2.05.02–85\*[4]. Для этого необходимо определить перспективную интенсивность движения, приведенную к легковому автомобилю, авт/сут

$$N_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^n k_i N_i, \quad (2.1)$$

где  $k_i$  – коэффициент приведения отдельных типов автомобилей к легковому [4, табл. 2].

По величине расчетной интенсивности движения согласно табл. 1\*[4] определяется категория проектируемой автомобильной дороги. Для принятой категории дороги по рельефу местности по табл. 3 [4] определяются расчетные скорости движения для проектирования элементов плана, продольного и поперечного профилей, а также других элементов, зависящих от скорости движения.

### 2.2. Определение наибольшего продольного уклона

Наибольший продольный уклон дороги определяют из условия равномерного движения автомобиля на подъеме при влажном и загрязненном покрытии

$$i_{\text{max}} = D - f, \quad (2.2)$$

где  $i_{\text{max}}$  – наибольший продольный уклон дороги;  $D$  – наибольший динамический фактор автомобиля (определяют по графику динамических характеристик в зависимости от скорости движения автомобиля) [5,7];  $f$  – коэффициент сопротивления качению (принимают в зависимости от типа покрытия) [5,6,7, табл. 8.4].

Скорость движения для легковых автомобилей принимают по нормам проектирования [4, табл. 3] в соответствии с категорией дороги. Проверку обеспеченности сцепления на уклоне производят, анализируя соотношение между динамическим фактором автомобиля  $D$  и динамическим фактором по сцеплению  $D^{\phi}$

$$D^{\phi} > D. \quad (2.3)$$

Динамический фактор по сцеплению колес автомобиля с покрытием определяют для неблагоприятных условий движения на мокром и загрязненном покрытии

$$D^{\phi} = \phi \frac{G_{\text{сц}}}{G} - \frac{P_w}{G}, \quad (2.4)$$

где  $\phi$  – коэффициент сцепления колес автомобиля с покрытием в зависимости от состояния покрытия и условий движения [7, табл. 8.6];  $G$  – масса автомобиля в груженом состоянии, кг, принимается по [7];  $G_{\text{сц}}$  – сцепная масса автомобиля, кг (принимается как масса, приходящаяся на ведущую ось), [7];  $P_w$  – сила сопротивления воздушной среды, кг, определяемая по формуле

$$P_w = \frac{kFV_p^2}{13}, \quad (2.5)$$

где  $k$  – коэффициент сопротивления воздушной среды, кгс<sup>2</sup>/м [6];  $F$  – площадь лобовой проекции автомобиля, м<sup>2</sup>, [5,6];  $V_p$  – расчетная скорость для легкового автомобиля, км/ч.

Полученное расчетное значение наибольшего продольного уклона  $i_{\text{max}}$  для легкового автомобиля сравнивают с рекомендуемым нормативным значением  $i_n$  для данной категории [4, табл. 10]. Если  $i_n < i_{\text{max}}$ , то на этом уклоне обеспечено движение легковых автомобилей со скоростью не менее нормативной, поэтому для дальнейших расчетов следует принимать нормативное значение.

Скорость движения грузового автомобиля на расчетном максимальном продольном уклоне определяют через динамический фактор автомобиля на уклоне  $i_{\text{max}} = i_n$  из формулы (2.2).

По величине динамического фактора грузового автомобиля по графику динамических характеристик [7] находят значение его скорости. Затем проверяют условие сцепления колес с покрытием грузового автомобиля на расчетной скорости по формуле (2.3).

### 2.3. Определение расстояния видимости в плане

Расстояние видимости для проектируемой дороги определяется для двух схем:

1. Видимость поверхности дороги (схема одиночного торможения), м

$$S_n = \frac{V_p}{3,6} + \frac{k_3 V_p^2}{254\phi} + l_0, \quad (2.6)$$

где  $V_p$  – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч;  $k_3$  – коэффициент эксплуатационных условий торможения, равный 1,2–1,4;  $\varphi$  – коэффициент продольного сцепления на чистом покрытии [7, табл. 8.6];  $l_0$  – безопасное расстояние до препятствия (5–10 м).

2. Видимость встречного автомобиля (торможение двух автомобилей, движущихся по одной полосе или по оси дороги навстречу друг другу с расчетной скоростью), м

$$S_a = \frac{V_p}{1,8} + \frac{2k_3 V_p^2}{254\varphi} + l_0, \quad (2.7)$$

При наличии разделительной полосы (для дорог I категории) определяется только видимость поверхности дороги.

## 2.4. Определение минимального радиуса кривой в плане

Минимальный радиус кривой в плане рассчитывается из условий устойчивости автомобиля при движении с расчетной скоростью как с дополнительными устройствами на кривой (вираж, переходные кривые, уширения проезжей части и др.), так и без них.

Производится также проверка величины минимального радиуса кривой в плане из условия видимости в ночное время.

1. Минимальный радиус кривой в плане без учета виража, м

$$R = \frac{V_p^2}{127(\mu - i_n)}, \quad (2.8)$$

где  $\mu$  – коэффициент поперечной силы (равен 0,12 для расчетной скорости 120–150 км/ч; 0,15 для расчетной скорости 80–100 км/ч; 0,16 расчетной скорости 60 км/ч), определяется по [5,6];  $i_n$  – поперечный уклон проезжей части, принимается по [5,6];  $V_p$  – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч.

2. Наименьший радиус кривой в плане при устройстве виража, м

$$R = \frac{V_p^2}{127(\mu + i_b)}, \quad (2.9)$$

где  $i_b$  – уклон виража, принимается по [4, табл. 8].

Поперечные уклоны проезжей части на вираже следует принимать не меньше поперечного уклона покрытия, т. е. в пределах 20...60‰ в зависимости от расчетной скорости движения, радиуса кривых, типа дорожного покрытия и климатических условий района проектирования в соответствии с требованиями СНиП 2.05.02–85\* [4].

3. При движении автомобиля по кривой с расчетной скоростью в ночное время минимальное значение радиуса, м



$$R = \frac{30S_{\text{п}}}{\alpha}, \quad (2.10)$$

где  $S_{\text{п}}$  – видимость поверхности дороги, м;  $\alpha$  – угол раствора пучка света для современных фар, равный примерно 2°.

### 2.5. Определение минимальных радиусов вертикальных кривых

Минимальный радиус выпуклой вертикальной кривой определяется из условий видимости поверхности дороги

$$R_{\text{вып}} = \frac{S_{\text{п}}^2}{2d}, \quad (2.11)$$

где  $d$  – высота расположения глаза водителя над поверхностью дороги (1,2 м).

Минимальный радиус вертикальной вогнутой кривой определяется из условий допустимой перегрузки рессор и обеспечения видимости в ночное время

$$R_{\text{вог}} = \frac{V_{\text{р}}^2}{13a}, \quad (2.12)$$

где  $V_{\text{р}}$  – расчетная скорость движения автомобиля, км/ч;  $a$  – центробежное ускорение, принимаемое 0,5–0,7 м/с<sup>2</sup>.

### 2.6. Определение длины переходной кривой

Для плавного перехода подвижного состава с прямого участка на закругление или с закругления на прямую устраиваются кривые переменного радиуса, называемые переходными кривыми.

Длина переходной кривой, м

$$L = \frac{V_{\text{р}}^3}{47JR}, \quad (2.13)$$

где  $J$  – нарастание центробежного ускорения, принимаемое равным 0,8 м/с<sup>3</sup>;  $R$  – радиус круговой кривой, м.

Переходные кривые следует устраивать при радиусах круговых кривых в плане 2 000 м и менее. При радиусах кривых более 2 000 м переходные кривые не устраивают. Нормативные длины переходных кривых, приведенные в [4, табл. 11] следует рассматривать как минимально допустимые. Вычисленную длину переходной кривой следует сравнить с нормативной и сделать соответствующий вывод.

## 2.7. Определение ширины проезжей части и земляного полотна

Ширина земляного полотна устанавливается в зависимости от количества полос движения и их ширины. Ширина одной полосы определяется по расчету в зависимости от расчетной скорости движения, габаритных размеров автомобилей и местоположения полосы в проезжей части дороги. Кроме того, ширину каждой полосы определяют из условия встречного движения двух автомобилей (легковой с грузовым, грузовой с грузовым, легковой с легковым).

Ширина однополосной дороги, м

$$П = c + 2y, \quad (2.14)$$

где  $c$  – колея автомобиля (расстояние между серединами колес), м;  
 $y$  – расстояние от середины следа колеса до края проезжей части, м:

$$y = 0,5 + 0,005V_p. \quad (2.15)$$

Ширина полосы для двухполосной дороги с двусторонним движением, м

$$П = \frac{(a+c)}{2} + x + y, \quad (2.16)$$

где  $a$  – ширина кузова автомобиля, м;  $x$  – расстояние от кузова до смежной полосы, по которой происходит движение, обычно принимают, что  $x = y$ .

Ширина полосы рассчитывается для легкового  $П_{л}$  и грузового  $П_{гр}$  движения.

Ширина проезжей части для двухполосной дороги  $П = П_{л} + П_{гр}$ .

Для четырехполосной проезжей части и попутном движении ширина крайней полосы  $П$ , м

$$П = \frac{(a+c)}{2} + y + D, \quad (2.17)$$

где  $D = 0,35 + 0,005V_p$  – зазор безопасности для каждой полосы движения при попутном движении или обгоне;  $V_p$  – расчетная скорость движения автомобиля (легкового или грузового), км/ч.

Таким образом, расчет ширины полосы ведется при смешанном составе движения в двух вариантах – на легковое и грузовое движение, к дальнейшему проектированию принимается большее расчетное значение полосы, округленное до 0,25 м, но не более нормативного значения  $П_{н}$ .

Ширина земляного полотна двухполосной дороги  $B = П_{н} + 2в$ , где  $в$  – ширина обочины в метрах, принимаемая по [4, табл. 4].

Пропускная способность одной полосы определяется для грузового и легкового движения в отдельности по формуле, авт/ч

$$A = \frac{1000V_p}{Z}, \quad (2.18)$$

где  $V_p$  – скорость движения грузового или легкового автомобиля, км/ч;  
 $Z$  – расстояние между автомобилями, движущимися друг за другом, определяется по формуле, м

$$Z = \frac{V_p}{3,6} + \frac{k_3 V_p^2}{254\phi} + l_0 + l_a, \quad (2.19)$$

где  $l_a$  – длина автомобиля, м.

Расчет технических нормативов сопровождается схемами и необходимыми пояснениями, а справочные данные для их выполнения принимаются из литературных источников [4–7].

После расчета перечисленных выше нормативов составляется сводная таблица, в которой приводятся как рассчитанные, так и рекомендуемые нормативы по СНиП 2.05.02–85\* (табл. 2.1).

*Таблица 2.1*

### **Технические нормативы на проектирование**

Наименование технических нормативов	По расчету	По СНиП	Принятые для проектирования

Для проектирования принимаются лучшие численные значения из полученных по расчету или рекомендуемых СНиП 2.05.02–85\* [4] с необходимыми обоснованиями.

## **3. Проектирование продольного профиля**

### **3.1. Определение руководящей рабочей отметки**

Перед нанесением проектной линии на продольном профиле необходимо определить отметки контрольных высотных точек и установить наименьшую высоту насыпи по грунтовым и гидрологическим условиям.

Назначение контрольных отметок для проектирования продольного профиля выполняют согласно следующим рекомендациям.

1. На участках, благоприятных для проектирования по обертывающей, для обеспечения незаносимости дороги снегом высота насыпи должна быть не менее

$$h = h_s + \Delta h, \quad (3.1)$$

где  $h_s$  – расчетная высота снегового покрова при расчетной вероятности превышения 5% (задана);  $\Delta h$  – запас высоты, назначают по нормам проектирования в зависимости от категории дороги [4, п. 6.33].

При определении величины  $h$  необходимо учесть превышение оси проезжей части над бровкой земляного полотна.

2. Для обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна и дорожной одежды возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод, а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных вод должно соответствовать требованиям [4, табл. 21].

В качестве минимальной расчетной (рекомендуемой) рабочей отметки принимается большая из этих двух.

3. Условно назначить все трубы безнапорными диаметром 1,0 или 1,5 м. Принять рабочую отметку над ними по формуле

$$H_{\min} = h_{\text{тр}} + \delta + \Delta, \quad (3.2)$$

где  $h_{\text{тр}}$  – высота или диаметр трубы, м;  $\delta$  – толщина звена трубы (принять равной 0,15 м), м;  $\Delta$  – толщина засыпки над трубой, м.

Толщина засыпки принимается равной толщине дорожной одежды, но не менее 0,5 м при безнапорном режиме работы трубы (в проекте условно принять равной 0,5 м).

### 3.2. Нанесение проектной линии

Нанесение проектной линии начинают с трудного участка. К трудным относятся участки с контрольными точками, с пересеченным рельефом. Если таких участков на трассе несколько, то следует начинать с расположенного ближе к середине трассы.

Зная отметку контрольной точки, вычисляют значения отметок пикетов и плюсовых точек на кривых с использованием таблиц, а на прямых – по уклону и расстоянию.

Отметки элемента профиля (кривой или прямой) наносят на продольный профиль. Если обнаруживается отклонение полученной расчетом проектной линии от построенной графически, то корректируют положение этого элемента так, чтобы графически проектная линия соответствовала расчету.

Если элемент продольного профиля соответствует графической проектной линии принятого варианта, то проверяют правильность расчета его и переходят к проектированию соседних с ним элементов.

#### 4. Проектирование поперечных профилей

Поперечные профили земляного полотна принимаются в соответствии с типовыми проектными решениями [8] с привязкой к плану трассы и продольному профилю. Размеры и форма поперечников назначаются с учетом рельефа местности, почвенно-грунтовых, геологических и климатических условий, а также дорожно-климатического районирования территории РФ и типа местности по ее характеру и степени увлажнения [4, пп. 4.4–4.19]. Рабочие поперечные профили (один в насыпи, один в выемке), принятые на основе типовых поперечных профилей, в масштабе 1:100 вычерчиваются на миллиметровой бумаге, в рамке, в соответствии с ГОСТ [2]. Над чертежом необходимо указать тип поперечного профиля и его местонахождение (пикетажное положение). Номера запроектированных поперечных профилей указываются в соответствующей графе продольного профиля.

#### Библиографический список

1. ГОСТ Р 21.1207–97. Условные графические обозначения на чертежах автомобильных дорог. – М.: Госстрой России, 1997. – 14 с.
2. ГОСТ Р 21.1701–97. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – М.: Госстрой России, 1997. – 31 с.
3. СНиП 23–01–99. Строительная климатология / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 58 с.
4. СНиП 2.05.02–85\*. Автомобильные дороги / Госстрой РФ. – М.: ФГУП ЦПП, 2007. – 54 с.
5. Федотов, Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: Учебник: Книга 1. / Г.А. Федотов, П.И. Поспелов – М.: Высшая школа, 2009. – 646 с.
6. Горшкова, Н.Г. Основы проектирования автомобильных дорог (рег. Номер рецензии 927 от 1 июля 2010 г. МГУП) / Учебное пособие: Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010.– 316 с.
7. Справочник инженера-дорожника. Изыскания и проектирование автомобильных дорог / под ред. О.В. Андреева. – М.: Транспорт, 1977. – 559 с.
8. Земляное полотно автомобильных дорог общего пользования: типовые проектные решения. Серия 503–0–48.87. – Министерство транспортного строительства СССР, 1987. – 55 с.

**Оглавление**

Цели и задачи расчетно-графического задания.....	3
Содержание расчетно-графического задания.....	3
Требования к оформлению расчетно-графического задания.....	3
Структура пояснительной записки.....	4
1. Краткое описание природно-климатических условий района проложения трассы.....	4
2. Обоснование категории дороги, расчет и обоснование технических нормативов на проектирование.....	5
2.1. Определение категории дороги и расчетной скорости движения.....	5
2.2. Определение наибольшего продольного уклона.....	5
2.3. Определение расстояния видимости в плане.....	6
2.4. Определение минимального радиуса кривой в плане.....	7
2.5. Определение минимальных радиусов вертикальных кривых...	8
2.6. Определение длины переходной кривой.....	8
2.7. Определение ширины проезжей части и земляного полотна...	9
3. Проектирование продольного профиля.....	10
3.1. Определение руководящей рабочей отметки.....	10
3.2. Нанесение проектной линии.....	11
4. Проектирование поперечных профилей.....	12
Библиографический список.....	12

Учебное издание

## **Пути сообщения, технологические сооружения**

Методические указания к выполнению практических и расчетно-графических заданий по дисциплине «Пути сообщения, технологические сооружения» для бакалавров по направлению 190700.62 «Технология транспортных процессов» профиля подготовки 190700.62-01 «Организация и безопасность движения»

Составители: **Погромский** Алексей Сергеевич  
**Гнездилова** Светлана Александровна

Подписано в печать . . . . . Формат 60x84/16. . . . . Усл.печ.л. 0,7. . . . . Уч-изд.л. 0,8.  
Тираж 75 экз. . . . . Заказ . . . . . Цена  
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46