

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛОГО МОСТА

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Изыскания и проектирование автомобильных дорог» для студентов
специальности 270205 – Автомобильные дороги и аэродромы
и бакалавров по направлению 270800 – «Строительство»
профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Белгород
2010

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова
Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено
научно-методическим советом
университета

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛОГО МОСТА

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Изыскания и проектирование автомобильных дорог» для студентов
специальности 270205 – Автомобильные дороги и аэродромы
и бакалавров по направлению 270800 – «Строительство»
профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Белгород
2010

УДК 625.745 (075)

ББК 39.311 я 7

П79

Составитель канд. техн. наук, проф. Н.Г. Горшкова

Рецензент канд. техн. наук, проф. Г.С. Духовный

Проектирование малого моста: методические указания к
П79 выполнению курсовой работы по дисциплине «Изыскания и
проектирование автомобильных дорог» для студентов
специальности 270205 – Автомобильные дороги и аэродромы
и бакалавров по направлению 270800 – Строительство профиля
подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы» / сост. Н.Г.
Горшкова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 16 с.

В методических указаниях изложена методика расчета отверстия малого моста: определение гидрологических характеристик реки, гидравлический расчет отверстия моста, определение размеров моста и подбор конструкции моста в увязке с типовыми конструкциями, определение отметки настила моста и укрепление выходного русла водотока.

Методические указания предназначены для студентов специальности 270205 – Автомобильные дороги и аэродромы и бакалавров по направлению 270800 – «Строительство» профиля подготовки «Автомобильные дороги».

Данное издание публикуется в авторской редакции.

УДК 625.745 (075)

ББК 39.311я 7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2010

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Закрепить знания, полученные студентами при изучении теоретических основ проектирования мостовых переходов, освоить методику расчета отверстия малого моста, выбрать схему и конструкцию малого моста в увязке с типовыми конструкциями.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Район проектирования принимается из курсового проекта №1 (КП №1) по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог».
2. Местоположение мостового перехода определяется по топографической карте на пересечении выбранного в КП №1 варианта трассы автомобильной дороги с рекой.
3. Площадь водосборного бассейна определяется на топографической карте с изображением выбранного в КП №1 варианта плана трассы автомобильной дороги.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. Выбор местоположения моста, определение площади водосбора и гидрологических характеристик реки.
2. Определение объема и расхода поверхностных вод, определение расчетного расхода.
3. Гидравлический расчет отверстия малого моста.
4. Определение размеров моста в увязке с типовыми конструкциями и отметки настила моста.
5. Укрепление выходного русла водотока.

ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

1. План трассы и водосборный бассейн на топографической карте.
2. Поперечный профиль русла реки в месте мостового перехода (на миллиметровой бумаге формата А4).
3. Схема укрепления нижнего бьефа (в плане и в профиле) на миллиметровой бумаге формата А4.

СТРУКТУРА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

1.1. Выбор местоположения моста, определение площади водосбора и гидрологических характеристик реки

Необходимо указать пикет пересечения трассы автомобильной дороги с рекой, коротко охарактеризовать участок реки (по топографической карте), определить площадь F водосборного бассейна, площадь лесов F_l и болот F_b (км^2).

Уклон реки

$$i_p = \frac{H_1 - H_2}{l} \quad (1)$$

где H_1 , H_2 – отметки уреза воды в двух точках реки (если таковые имеются на топографической карте) или отметки пересечения реки с высотными отметками (горизонталями) на топографической карте выше и ниже проектируемого моста, м; l – расстояние между точками, м.

1.2. Определение объема и расхода поверхностных вод

Расчет максимального расхода от стока ливневых Q_l и талых Q_m вод проводится по известной методике, применяемой для расчетов малых искусственных сооружений на автомобильных дорогах и приведенной в методических указаниях к выполнению курсовой работы №1 по дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог».

За расчетный расход Q_p принимается большее из значений Q_l и Q_m .

1.3. Гидравлический расчет отверстия малого моста

1. Основные характеристики формы русла реки под мостом определяются в соответствии с рис. 1, на котором условно считают русло реки треугольного сечения, стороны которого приблизительно равны длине заданного русла.

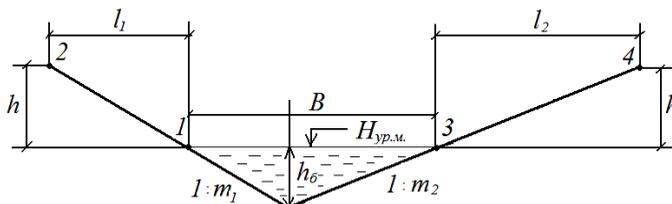


Рис. 1. Поперечный профиль русла реки в месте перехода:
1,2,3,4 – отметки горизонталей по трассе дороги

Из топографической карты с помощью рис. 1 определяются необходимые отметки (точки 1,2,3,4) и расстояния (l_1 и l_2), на основании которых вычисляют коэффициенты заложения откосов

$$m_1 = \frac{l_1}{h} \quad \text{и} \quad m_2 = \frac{l_2}{h}, \quad (2)$$

где h – разница высотных отметок.

Сумма коэффициентов заложения откосов

$$J = m_1 + m_2. \quad (3)$$

2. Бытовая глубина в первом приближении, м

$$h'_o = m \sqrt[3]{\frac{K}{J}}, \quad (4)$$

где m – коэффициент шероховатости русла (для хороших условий грунтовых русел, частично заросших и мало извилистых равен 0,55; для заросших равен 0,61); K – модуль расхода, м³/с

$$K = \frac{Q_p}{\sqrt{i_p}} \quad (5)$$

где i_p – подставляется в долях единицы.

3. Для этой бытовой глубины h'_o назначаем:

1) площадь живого сечения потока, м²

$$\omega' = \frac{J(h'_o)^2}{2}; \quad (6)$$

2) смоченный периметр, м

$$\chi' = Jh'_o; \quad (7)$$

3) гидравлический радиус, м

$$R' = \frac{\omega'}{\chi'}; \quad (8)$$

4) бытовую скорость потока, м/с

$$v'_o = \sqrt{R' i_p} = W' \sqrt{i_p}, \quad (9)$$

где C – коэффициент Шези; W' – скоростная характеристика, м/с ($W = C\sqrt{R}$, табл. 1), (определяется интерполяцией).

Скоростная характеристика W

R, м	Значения W , м/с, при n			
	0,025	0,033	0,04	0,05
1	2	3	4	5
0,1	7,1	5,6	4,45	3,36
0,12	8,14	6,4	5,1	3,86
0,14	9,15	7,15	5,74	4,36
0,16	10,1	7,9	6,32	4,86
0,18	11	8,6	6,9	5,3
0,2	12	9,27	7,5	5,75
0,22	12,9	9,95	8,04	6,19
0,24	13,7	10,6	8,57	6,62
0,26	14,5	11,2	9,12	7,04
0,28	15,4	11,9	9,6	7,47
0,3	16,2	12,5	10,4	7,88
0,32	17	13,1	10,7	8,27
0,34	17,8	13,7	11,2	8,67
0,36	18,6	14,2	11,7	9,05
0,38	19,3	14,8	12,1	9,46
0,4	20,2	15,4	12,6	9,85
0,45	21,9	16,9	13,8	10,8
0,5	23,8	18,1	14,9	11,7
0,55	25,6	19,4	16	12,6
0,6	27,3	20,6	17	13,5
0,65	29	22	18,1	14,3
0,7	30,6	23,2	19,2	15,2
0,75	32,2	24,3	20,2	16
0,8	33,9	25,4	21,2	16,8
0,85	35,4	26,7	22,2	17,7
0,9	37	27,8	23,1	18,4
0,95	38,5	28,9	24,1	19,2
1	40	30	25	20

Примечание. Значения n : 0,025 – для природных земляных русел в хороших условиях (чистых, прямых, не засоренных); 0,033 – для периодических водотоков с хорошим состоянием поверхности дна; 0,04 – для сравнительно чистых русел постоянных равнинных водотоков в обычных условиях (немного извилистых в направлении русла или прямых, но с отмелями или промоинами), а также земляных русел периодических водотоков при благоприятных условиях; 0,05 – для сильно засоренных и частично заросших русел.

5) расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$, при бытовой глубине h'_δ

$$Q' = \omega' v'_\delta. \quad (10)$$

Сравниваем Q_p и Q' . Если разница не превышает 5%, то принимаем $h_\delta = h'_\delta$ и $v_\delta = v'_\delta$. Если разница превышает 5%, то делаем перерасчет, принимая новое значение глубины потока h''_δ . Если разница опять превышает 5%, то для уменьшения количества расчетов целесообразно построить график зависимости расхода воды Q от глубины потока h_δ : $Q = f(h_\delta)$, (рис. 2).

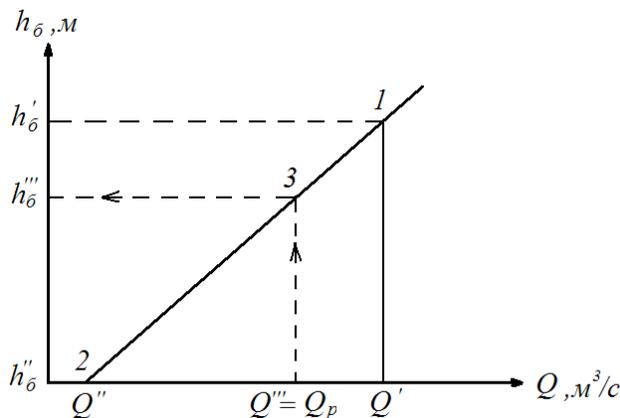


Рис. 2. График зависимости расхода воды

На графике т. 1 получают, откладывая ее координаты $(Q'; h'_\delta)$, т. 2 получают, откладывая координаты $(Q''; h''_\delta)$. Через т. 1 и 2 проводят прямую. Затем на оси абсцисс откладывают $Q''' = Q_p$, восстанавливают перпендикуляр до пересечения с прямой, получают т. 3, ордината которой h'''_δ даст искомую величину бытовой глубины в третьем приближении.

После перерасчета получаем h_δ и v_δ .

4. Установление схемы протекания воды под мостом по условию:

если $h_\delta > 1,3 h_{кр}$ — истечение потока стесненное;

если $h_\delta < 1,3 h_{кр}$ — истечение потока свободное.

Критическая глубина $h_{кр}$, м

$$h_{кр} = \frac{v_{доп}^2}{g}, \quad (11)$$

где $v_{доп}$ – допустимая скорость течения воды, м/с, (табл.2); g – ускорение свободного падения, (9,8 м/с²), м/с².

$v_{доп}$ принимается в зависимости от глубины потока под мостом и типа укрепления, при этом $v_{доп}$ принимается больше $v_{б}$ [1].

Таблица 2

Средние допустимые (неразмывающие) скорости течения воды

Вид грунта и тип укрепления	Значения $V_{доп}$, м/с, при глубине, м			
	0,4	1	2	3
Песок (размер частиц 0,25...1мм)	0,4	0,5	0,6	0,7
Гравий размером 5...10 мм	0,8	0,9	1,1	1,2
Галька размером 25...40 мм	1,3	1,6	1,8	2
Бульжник размером 100...150мм (каменная наброска)	2,8	3	3,5	3,8
Лессовидные грунты (плотные)	0,8	1	1,2	1,3
Супеси:				
средней плотности	0,3	0,4	0,45	0,5
плотные	0,4	0,5	0,55	0,6
Глина и песчаные суглинки средней плотности	0,7	0,85	0,95	1,1

5. Размер отверстия моста, м

– при стеснении потока

$$B_m = \frac{Q_p}{\varepsilon h_b v_{доп}}; \quad (12)$$

– без стеснения потока (свободное течение)

$$B_m = \frac{Q_p g}{\varepsilon v_{доп}^3}, \quad (13)$$

где ε – коэффициент стеснения потока (табл. 3)

Коэффициент стеснения потока зависит от схемы моста и формы береговых опор (рис. 3).

**Коэффициент стеснения ε
и коэффициент скорости φ потока перед мостом**

Форма береговых опор	ε	φ
На свайных опорах со стенками ограждения (см. рис. 3, а)	0,8	0,85
На массивных береговых опорах с обратными стенками (см. рис. 3, б)	0,8	0,85
С обсыпными конусами (см. рис. 3, в)	0,9	0,9

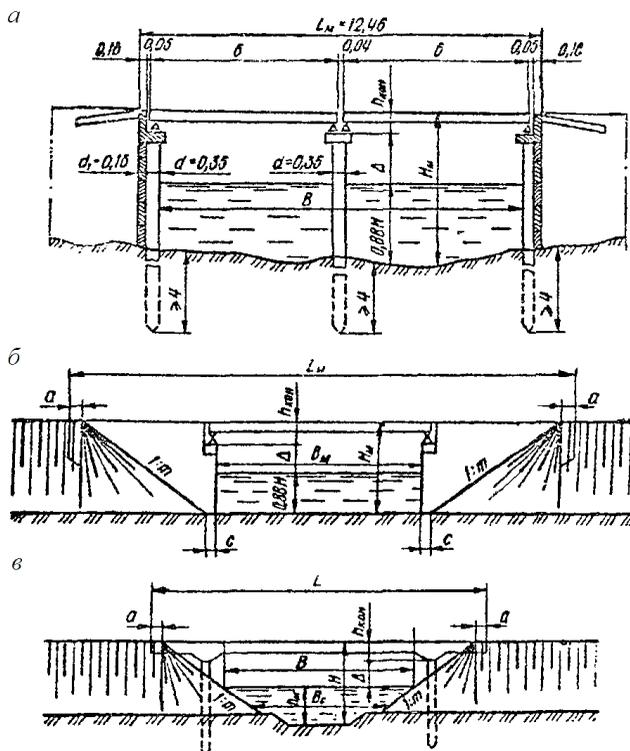


Рис. 3. Схемы мостов в зависимости от типов опор с поперечным разрезом подмостового русла:

- а – с береговыми опорами на сваях со стенками ограждения;
- б – с массивными береговыми опорами с обратными стенками;
- в – с обсыпными береговыми опорами на сваях

1.4. Определение размеров моста

1. Минимальная высота моста, м

$$H_{\text{м}} = 0,88H + \Delta + h_{\text{кон}}, \quad (14)$$

где H – высота подпора перед мостом, м; Δ – возвышение низа пролетного строения над уровнем воды, м ($\Delta = 0,5$ м; при наличии карчехода $\Delta = 1$ м); $h_{\text{кон}}$ – конструктивная высота пролетных строений моста вместе с высотой опорных частей и толщиной слоев дорожной одежды из асфальтобетона, выравнивающего и защитного слоя из цементобетона.

Высота подпора:

для несвободного протекания

$$H = h_{\bar{\sigma}} + \frac{0,05v_{\text{доп}}^2}{\varphi^2}; \quad (15)$$

для свободного протекания

$$H = \frac{1,45v_{\text{доп}}^2}{g}, \quad (16)$$

где φ – коэффициент скорости (табл. 3).

Конструктивная высота пролетных строений моста $h_{\text{кон}}$

$$h_{\text{кон}} = \frac{H^1}{L_{\text{роз}}} L_{\bar{\sigma}} + h_{\text{до}}, \quad (17)$$

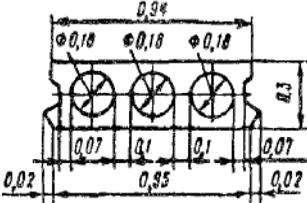
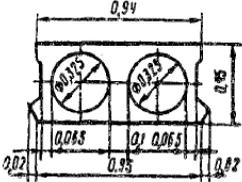
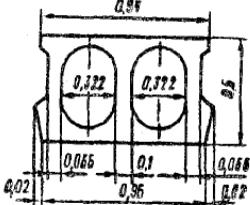
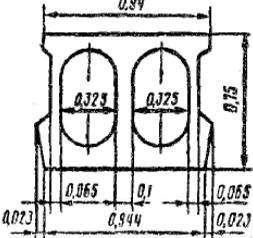
где $\frac{H^1}{L_{\text{роз}}}$ – определяется из табл. 4 в зависимости от принятой длины балки

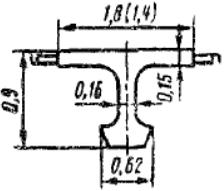
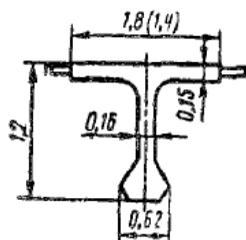
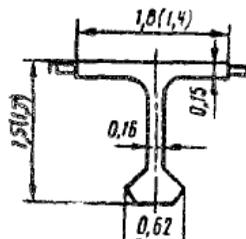
$L_{\bar{\sigma}}$; $h_{\text{до}}$ – толщина слоев дорожной одежды из асфальтобетона, выравнивающего и защитного слоя из цементобетона (принять $h_{\text{до}} = 60$ см).

2. Длина моста поверху назначается, исходя из крутизны откоса конусов и высоты верха моста над дном лотка. При этом необходимое отверстие моста отсчитывается по свободной поверхности потока при свободном истечении потока, а при несвободном протекании – по средней линии (т.е. на глубине $0,5h_{\bar{\sigma}}$).

Длина моста зависит от ширины потока воды, схемы ее протекания под мостом, вида береговых опор, наличия промежуточных опор и фактической высоты насыпи с учетом рационального проложения проектной линии на продольном профиле [1].

Унифицированные балки пролетных мостов

Длина балки L_{δ} , м	Поперечный разрез	$\frac{H^1}{L_{роз}}$	
1	2	3	
6	<p style="text-align: center;">Плитные балки</p> 	1/18,7	
			1/19,2
			
			1/24 1/23,2

1	2	3
12 15 18	<p style="text-align: center;">Рёбристые балки</p> 	1/12,7 1/16 1/14,5
21 24		1/17 1/19,5
33		1/21,4 (при $H = 1,5$ м) 1/19 (при $H = 1,7$ м)

Длина моста на свайных опорах со стенками ограждения (см. рис. 3, а):

$$L_m = B_m + \sum d + 2d_1, \quad (18)$$

где B_m – размер отверстия моста, отсчитываемый по свободной поверхности потока, м; $\sum d$ – сумма ширины свайных опор (для однопролетных мостов $\sum d = 2 \cdot 0,35 = 0,7$ м; для двухпролетных мостов – $\sum d = 3 \cdot 0,35 = 1,05$ м, поскольку ширина опор берется 0,35 м); $d_1 = 0,16$ м – толщина стенки ограждения.

Длина моста на массивных береговых опорах с обратными стенками (см. рис. 3, б):

$$L_m = B_m + 2mH_m + \sum d + 2a + 2c, \quad (19)$$

где $m = 1,5 \dots 2$ – коэффициент крутизны откоса конусов; H_m – высота моста, м; $\sum d$ – сумма ширины промежуточных опор, м; a – расстояние от вершины конуса до начала моста ($a = 0,2$ м); c – расстояние от передней грани устоя до основания конуса.

Мост с массивными береговыми опорами с обратными стенками сооружают с использованием местных каменных материалов и на местных грунтовых основаниях.

Длину моста на береговых обсыпных опорах на сваях (см. рис. 3, в) назначают в зависимости от условий протекания воды в подмостовом русле:

при свободном протекании

$$L_m = B_m + 2m(H_m - h_c) + \sum d + 2a; \quad (20)$$

при сжатом истечении

$$L_m = B_{mc} + 2m\left(H_m - \frac{h_b}{2}\right) + \sum d + 2a, \quad (21)$$

где h_c – глубина воды под мостом (при свободном протекании), $h_c = 0,5H$; B_{mc} – размер отверстия по средней линии потока, взятый по половине глубины потока ($0,5h_b$); h_b – бытовая глубина потока (при сжатом истечении); a – расстояние от вершины конуса до начала моста (при высоте моста до 6 м $a = 0,75$ м, при высоте более 6 м – $a = 1$ м).

Окончательную длину моста принимают равной принятым унифицированным балкам прогонов моста в соответствии с табл. 4. При превышении больше, чем на 10% меняют размер прогонов, количество прогонов и уточняют скорость течения воды под мостом.

Если при нанесении проектной линии на продольный профиль высота моста окажется больше, то увеличивается и его длина.

Выбор оптимальной схемы малого моста определяется максимальной степенью унификации деталей на сооружаемой или реконструируемой дороге, с использованием однотипных сборных конструкций, эффективностью конструкторско-технологического решения моста и схемой его разбивки на отдельные прогоны.

3. Отметка настила моста, м

$$H_{наст.м} = H_{дна} + H_m^{min}, \quad (22)$$

где $H_{дна}$ – отметка дна реки, м; H_m^{min} – минимальная высота моста, м, определяемая по формуле (14).

1.5. Укрепление выходного русла водотока

Укрепление выходного русла малого моста принимается гладким плоским (бетонными плитками). Минимальная длина участка укрепления L , м

$$L = 3B_m, \quad (23)$$

где B_m – ширина отверстия моста, м (подсчитывается в зависимости от принятой схемы моста и длины балки).

На сходе с укрепления нижнего бьефа скорость течения возрастает примерно в 1,5 раза и составляет, м/с

$$v_{укр} = 1,5v_{вых}, \quad (24)$$

где $v_{укр}$, $v_{вых}$ – скорости на сходе с укрепления и на выходе из отверстия соответственно.

Возрастание скорости связано с растеканием бурного потока. Глубина потока на расстоянии L от моста при угле растекания 45° , м

$$h_1 = \frac{Q_p}{1,5v_o(2L + B_m)}. \quad (25)$$

Величина h_1 должна быть меньше 1 м, тогда не будет происходить размыва и L достаточна. Если $h_1 > 1$ м, то необходимо длину участка укрепления увеличить.

На период строительства укрепления в нижнем бьефе устраивается временное отводное русло шириной 3 м с отводом воды за укрепление (ниже по течению). Опыт проектирования защитных устройств показал эффективность укрепления, заканчивающегося предохранительным (погребным) откосом, над которым располагаются ямы размывов, безопасные для водопропускного сооружения (рис. 4 а, б).

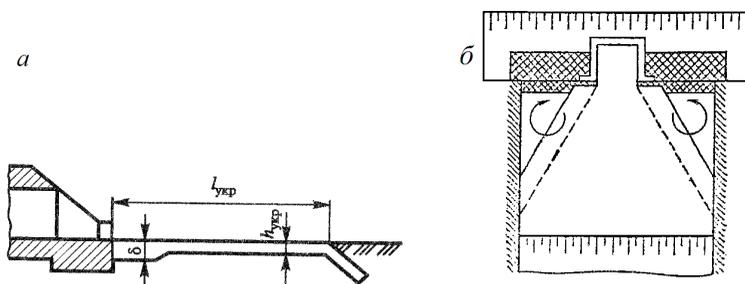


Рис. 4. Схема укрепления за мостом:

а – продольный разрез укрепления; б – план укрепления

Библиографический список

1. *Федотов, Г.А.* Изыскания и проектирование автомобильных дорог. Кн. 1: учебник/ Г.А. Федотов, П.И. Поспелов. – М.: Высшая шк., 2009. – 646 с.
2. Справочная энциклопедия дорожника. Том 5. Проектирование автомобильных дорог/ под ред. Г.А. Федотова, П.И.Поспелова. – М.: Информавтодор, 2007. – 668 с.

Оглавление

Цель и задачи курсовой работы	3
Исходные данные	3
Содержание курсовой работы	3
Перечень графического материала	3
Структура пояснительной записки	4
1.1. Выбор местоположения моста, определение площади водосбора и гидрологических характеристик реки	4
1.2. Определение объема и расхода поверхностных вод	4
1.3. Гидравлический расчет отверстия малого моста	4
1.4. Определение размеров моста	10
1.5. Укрепление выходного русла водотока	14
Библиографический список	15

Учебное издание

Проектирование малого моста

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Изыскания и проектирование автомобильных дорог» для студентов
специальности 270205 – Автомобильные дороги и аэродромы
и бакалавров по направлению 270800 – «Строительство»
профиля подготовки «Автомобильные дороги и аэродромы»

Составитель Горшкова Нина Георгиевна

Подписано в печать	Формат 60x84/16. Усл. п. л. 0,9. Уч.-изд. л. 1,0.	
Тираж 50 экз.	Заказ	Цена
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова		
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46		