

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  $F_b$  ( $\text{км}^2$ ).

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.

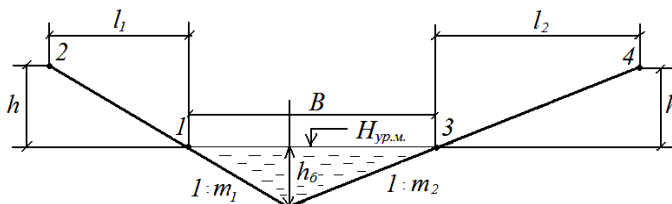


Рис. 1. Поперечный профиль русла реки в месте перехода:  
1, 2, 3, 4 – отметки горизонталей по трассе дороги

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, м<sup>3</sup>/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, м<sup>2</sup>

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

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  $h'_6$

$$Q' = \omega' v'_6. \quad (10)$$

Сравниваем  $Q_p$  и  $Q'$ . Если разница не превышает 5%, то принимаем  $h_6 = h'_6$  и  $v_6 = v'_6$ . Если разница превышает 5%, то делаем перерасчет, принимая новое значение глубины потока  $h''_6$ . Если разница опять превышает 5%, то для уменьшения количества расчетов целесообразно построить график зависимости расхода воды  $Q$  от глубины потока  $h_6$ :  $Q = f(h_6)$ , (рис. 2).

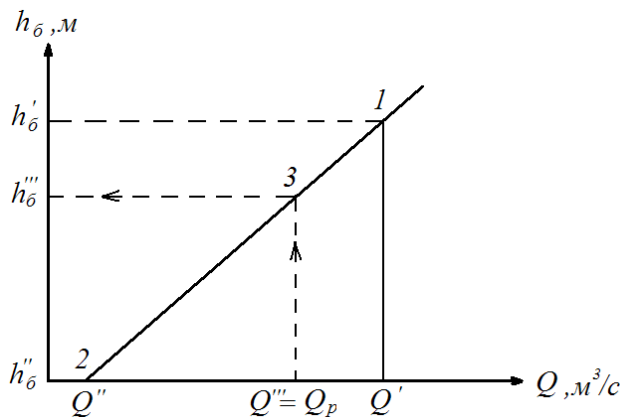


Рис. 2. График зависимости расхода воды

На графике т. 1 получают, откладывая ее координаты  $(Q'; h'_6)$ , т. 2 получают, откладывая координаты  $(Q''; h''_6)$ . 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  $h'''_6$  даст искомую величину бытовой глубины в третьем приближении.

После перерасчета получаем  $h_6$  и  $v_6$ .

4. Установление схемы протекания воды под мостом по условию:

если  $h_6 > 1,3 h_{кр}$  – истечение потока стесненное;

если  $h_6 < 1,3 h_{кр}$  – 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/с<sup>2</sup>), м/с<sup>2</sup>.

$v_{доп}$  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  $\varepsilon$  – коэффициент стеснения потока (табл. 3)

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

**Коэффициент стеснения  $\varepsilon$   
и коэффициент скорости  $\varphi$  потока перед мостом**

Форма береговых опор	$\varepsilon$	$\varphi$
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

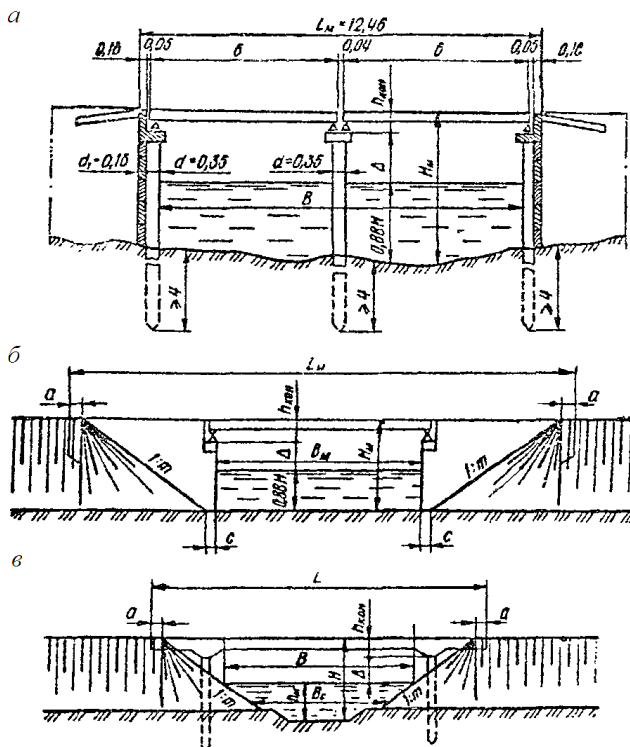


Рис. 3. Схемы мостов в зависимости от типов опор с поперечным разрезом подмостового русла:

- 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;  $\Delta$  – 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  $\varphi$  – коэффициент скорости (табл. 3).

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

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

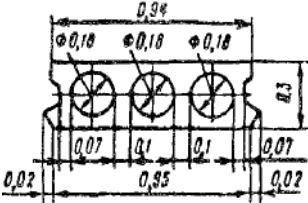
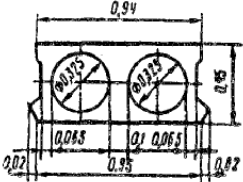
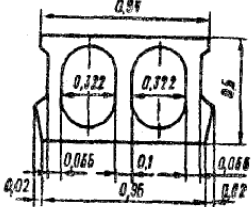
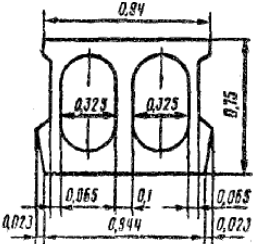
где  $\frac{H^1}{L_{\text{роз}}}$  – определяется из табл. 4 в зависимости от принятой длины балки

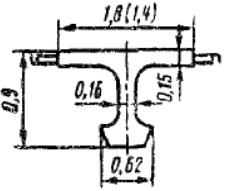
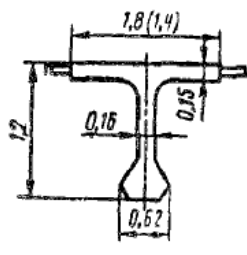
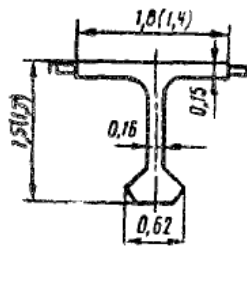
$L_{\bar{\sigma}}$ ;  $h_{\text{до}}$  – толщина слоев дорожной одежды из асфальтобетона, выравнивающего и защитного слоя из цементобетона (принять  $h_{\text{до}} = 60$  см).

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 $L_{\delta}$ , 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  $45^\circ$ , 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).

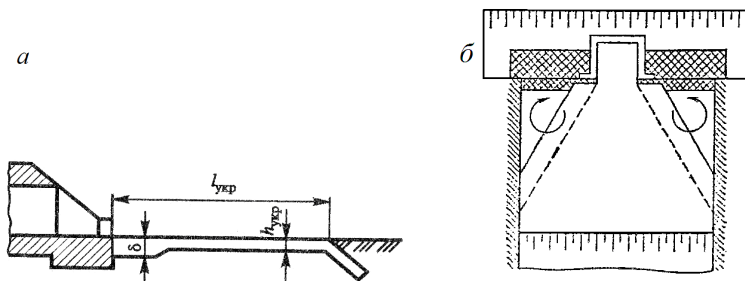


Рис. 4. Схема укрепления за мостом:

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		