**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов, обучающихся по направлению «Строительство»
по профилю «Автомобильные дороги» и «Автодорожные мосты»

Казань
2013

УДК 625

ББК 38.773

Л 69

Методические указания к выполнению курсового проекта «Гидравлические расчёты мостовых переходов» / Сост.: Логинова О.А. Казань. КГАСУ, 2013. – 32 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В работе изложены методы расчётов и практические рекомендации по проектированию основных сооружений мостового перехода. Приведены расчёты линии дна под мостом после общего размыва; глубины местного размыва у опор моста; подпора воды у мостового перехода; высоты наката волны на откос насыпи подхода к мосту; размеров регуляционных сооружений. Рассмотрен пример проектирования продольного профиля мостового перехода, содержатся необходимые справочные материалы для разработки проектов мостовых переходов расположенных на автомобильных дорогах.

УДК 625
ББК 38.773

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2013 г.

© Логинова О.А., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Мостовой переход через реку состоит из следующих элементов: 1) моста, перекрывающего во время высокой воды часть живого сечения реки; 2) подходов к мосту, состоящих из земляных насыпей; 3) регуляционных и укрепительных сооружений, устраиваемых для улучшения движения потока воды и защиты от него.

Наиболее ответственным периодом, когда подвергаются испытанию на прочность все сооружения мостового перехода, является период пропуска паводковых вод. Поэтому необходимо определить: линии дна под мостом после общего размыва; глубины местного размыва у опор моста; подпор воды у мостового перехода; высоту набега волны на откос насыпи подхода; размеров регуляционных сооружений.

При проектировании мостового перехода необходимо одновременно решить следующие задачи: 1) создать оптимальные условия для перевозки грузов и пассажиров автомобильным транспортом; 2) обеспечить возможность надежной работы мостового перехода в течение длительного срока его службы в условиях непостоянства речного стока, природных русловых деформаций, нарушения мостовым переходом естественного режима реки; 3) получить экономически обоснованное проектное решение, которому соответствует минимальная величина строительных и эксплуатационных затрат; 4) учесть требования других отраслей народного хозяйства, прежде всего, речного транспорта; 5) свести до минимума неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

В настоящих методических указаниях рассматриваются вопросы расчёта и проектирования мостовых переходов, которые должны быть решены при курсовом и дипломном проектировании.

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОЛЬШОГО И СРЕДНЕГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА

1) Нивелировочные отметки, как по всей трассе, так и живому сечению реки, длиной до 5,0 км.
2) Данные о наблюдении за уровнем высокой воды (УВВ) за ряд лет (порядка 14-15 данных).
3) Геологический разрез (по данным руководителя).
4) Характеристика русла и поймы.

- коэффициент шероховатости (гладкости);
- продольные уклоны ($i_p = 0,02 \div 0,0006$; $i_g = 0,003 \div 0,0002$).

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рекомендуется следующий порядок работ по проектированию мостового перехода.

1. Расчёт наивысшего уровня высоких вод.
2. Морфометрический расчёт.
3. Расчёт отверстия моста при частом заполнение пойм расчетным уровнем высокой воды (РУВВ).
4. Определение расчётного судоходного уровня (РСУ).
5. Определение высоты моста.
6. Расчёт подпора.
7. Высота насыпи в пойме.
8. Проектирование продольного профиля мостового перехода.
9. Расчёт размеров струенаправляющей дамбы.

1. РАСЧЁТ НАИВЫСШЕГО УРОВНЯ ВЫСОКИХ ВОД

Расчёт наивысшего уровня высоких вод (УВВ) ведется в табличной форме (табл. 1). Данные по изменению УВВ берутся (по заданию) в порядке убывания. Определение эмпирической вероятности проводится по формулам:

для ряда наблюдений n = 10-15 лет –

$$S = \frac{N}{n+1} \times 100\%, \qquad (1)$$

для ряда наблюдений n > 15 лет:

$$S = \frac{N-0,3}{n+0,4} \times 100\%, \qquad (2)$$

где: N - порядковый номер уровня (по убыванию);

n - количество лет наблюдений.

Таблица 1.

Расчёт наивысшего уровня высоких вод

№ п/п	$H_{УВВ}$	Год наблюдений	S, % (по формулам (1) или (2))
1	H_{max}	19…	
2			
14			
15	H_{min}	19…	

Примечание. $H_{УВВ}$ – уровень высокой воды в соответствующем году наблюдений.

Расчётный уровень высокой воды (РУВВ) определяется по клетчатке нормального распределения (рис. 1).

На клетчатку вероятностей нормального распределения наносятся ранжированные данные наблюдений $H_{УВВ}$ и соответствующая им эмпирическая вероятность S (табл. 1). По нанесенным точкам проводится плавная кривая. РУВВ определяется путем экстраполяции по заданной вероятности в зависимости от категории автомобильной дороги (табл. 2).

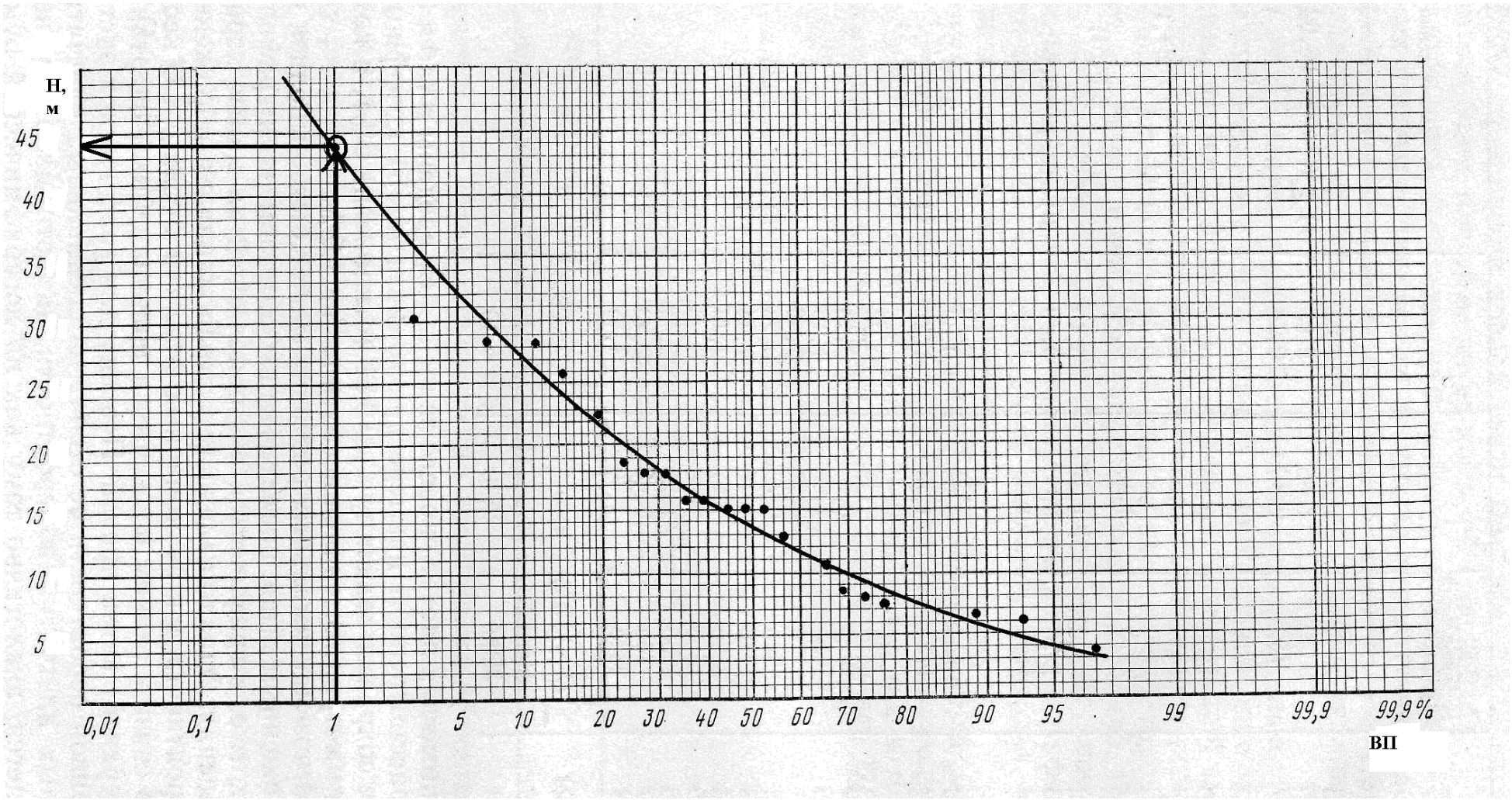


Рис. 1. Клетчатка вероятностей нормального распределения

Таблица 2

Вероятность превышения максимальных расчётных паводков

Тип сооружения	**Категория дороги**	**Вероятность превышения максимальных расчётных паводков (ВП)**
Большие и средние мосты	I - III	1%
	IV - V	2%

2. МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

Задача морфометрического расчета – установление распределения расхода воды между руслом и поймами в бытовых условиях, до сооружения мостового перехода.

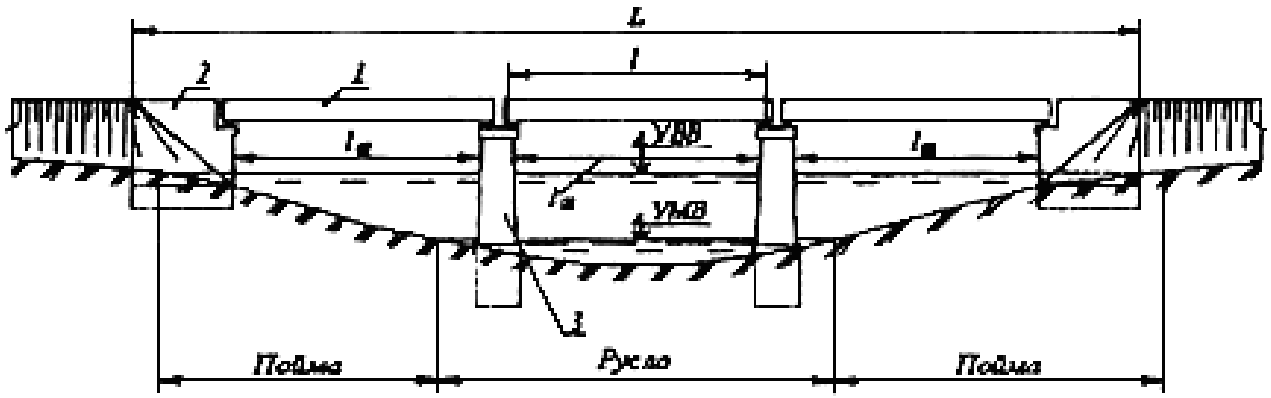


Рис. 2. Схема мостового перехода:
1 - пролетные строения; 2 - береговые опоры; 3 - промежуточные опоры; L - длина моста - расстояние в метрах между гранями шкафных стенок береговых опор (устоев); l - пролет - расстояние между опорными частями в метрах; L_0 - отверстие моста - расстояние между конусами по линии РУВВ за вычетом суммарной ширины опор; РУВВ - расчетный уровень высокой воды (в метрах); УМВ - уровень меженных вод, т.е. самый низкий уровень воды.

Вычерчивается живое сечение в масштабах: $М_г$ 1:2000; $М_в$ 1:200, в створе проектируемого перехода. На сечение (рис.2) наносятся расч`тный уровень высокой воды (РУВВ) и уровень меженной воды (УМВ), участок живого сечения берется по нивелировочным отметкам в задании.

Расчёт ведется в табличной форме (табл. 3). Для каждого участка (русла и пойм) определяется расходная характеристика и далее устанавливается относительное распределение расхода:

$$\frac{Q_{рб}}{Q} = \frac{S_{рб}}{S} = k, \qquad (3)$$

где: $Q_{рб}$ - расход, пропускаемый руслом, м^3/сек.;

Q - расход, пропускаемый по всему сечению, т.е.

$$Q = Q_{рб} + Q_{лп} + Q_{пп}, \qquad (4)$$

где $Q_{лп}$, $Q_{пп}$ - соответственно, расход левой и правой поймы в бытовых условиях.

В таблице 3 приняты следующие обозначения:

B_i - ширина участка живого сечения, соответственно пойм и русла м;

h_i – глубина, м;

ω_i - площадь живого сечения;

C_i - коэффициент Шези;

$$C = mh^{1/6}, \qquad (5)$$

где: m – характеристика гладкости (гладкость – обратная величина шероховатости) дается в таблице 4. В курсовом проекте можно принять для русла m=30, а для поймы, заросшей на 20%, m=20.

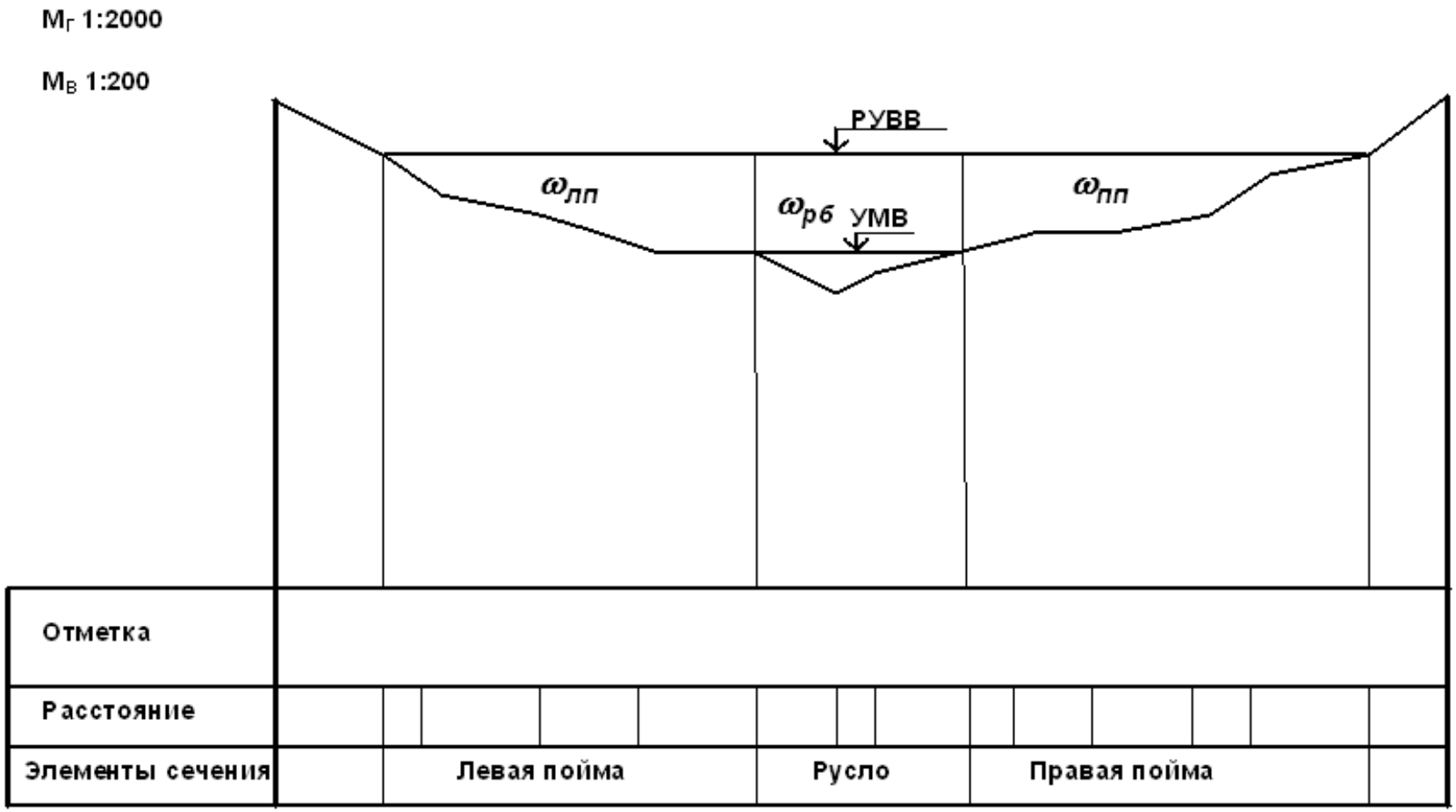


Рис. 3. Поперечное сечение реки в створе мостового перехода (живое сечение)

Таблица 3

Ведомость морфометрического расчёта

ПК+	Отметка дна, м	Глубина воды, м	Средняя глубина, м	Длина, м	Площадь, м^2	Сводка расчётов
Левая пойма						
						$B_{лп}=$
						$\omega_{лп}=$
						$h_{лп}=$
						$\left(C\sqrt{h}\right)_{лп}=\left(mh^{2/3}\right)_{лп}=$
				$\sum$	$\sum$	$S_{лп}=$
Русло						
						$B_{рб}=$
						$\omega_{рб}=$
						$h_{рб}=$
						$\left(C\sqrt{h}\right)_{рб}=\left(mh^{2/3}\right)_{рб}=$
				$\sum$	$\sum$	$S_{рб}=$
Правая пойма						
						$B_{пп}=$
						$\omega_{пп}=$
						$h_{пп}=$
						$\left(C\sqrt{h}\right)_{пп}=\left(mh^{2/3}\right)_{пп}=$
				$\sum$	$\sum$	$S_{пп}=$

$$Q_i = S_i = \omega_i \times m \times h^{2/3}\ , \qquad (6)$$

где i – индекс, индексом « р » обозначены размеры и параметры поперечного сечения в русле, а индексом « п » на пойме.

Таблица 4

Коэффициенты шероховатости русла и пойм

Морфометрические признаки	Коэффициент шероховатости $n_ш$			
	Наименьший	Наибольший	Средний	$m = \frac{1}{n_ш}$
Русла земляные ровные полугорных рек. Незаросшие поймы.	0,025	0,045	0,035	30
Русла земляные извилистые галечно-валуные. Суходолы ровные. Поймы, заросшие на 10%.	0,035	0,050	0,040	25
Русла земляные очень извилистые. Поймы, заросшие на 20%.	0,040	0,065	0,050	20
Поймы, заросшие на 50%.	0,050	0,100	0,050	15
Поймы, заросшие на 70%.	0,065	0,170	0,100	10
Поймы, заросшие на 100%.	0,120	-	0,200	5

Сводка расчётов по формулам (5) и (6) приводится в таблице 3.

3. РАСЧЁТ ОТВЕРСТИЯ МОСТА ПРИ ЧАСТОМ ЗАПОЛНЕНИЕ ПОЙМ РУВВ

Для данной работы при выборе окончательной длины моста проводится анализ допустимого коэффициента размыва: при судоходных реках от p_{min}=1,0 до p_{max}=1,5; при несудоходных реках от p_{min}=1,0 до p_{max}=2,0.

Физическое значение коэффициента размыва - это отношение наибольшей глубины в русле после размыва ($h_{pmaxм}$) к наибольшей бытовой его глубине ($h_{pmaxб}$).

$$P = \frac{h_{pmaxм}}{h_{pmaxб}} \qquad (7)$$

При коэффициенте, равном 1,0 - размыва нет, т.е. мост перекрывает русло и поймы.

При максимальном значении размыва мост не может быть меньше длины русла, следовательно, максимальному значению есть ограничения, которые определяются формулами предельного баланса наносов. Расчет ведется в табличной форме (табл. 5). Расчет ведется в пределах от p=1,0 до p=1,5 через увеличение p_i на 0,10, т.е. даются нижние пределы, к которым стремятся размывы с течение времени.

Таблица 5

Расчетная ведомость

№ п/п	Характеристика моста и размывов	Коэффициенты размыва, Р						
		p_{min}=1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	p_{max}
1	L	L_{max}						L_{min}
2	$\nabla_{разм}$							
3	$h_в$							
4	$v_{рм}$							
5	$\nabla_{под}$							
6	$h_ф$							

Вычисляется наибольший коэффициент размыва - P_{max} .

$$P_{max} = \left(\frac{Q}{Q_{рб}}\right)^{8/9} \times \frac{1}{(1-\lambda)^{2/3}}, \qquad (8)$$

Далее представлена последовательность расчета и заполнения каждой пронумерованной строки:

$$L_{max} = \frac{B_{рб}}{1-\lambda} \times \left(\frac{Q}{Q_{рб}}\right)^{4/3}, \qquad (9)$$

где: L_{max} - максимальная длина моста, м;

$B_{рб}$ – ширина русла м;

λ - относительная величина стеснения потока опорами - λ =0,04-0,06;

Q, $Q_{рб}$ - соответственно по формуле (4).

Значение 1 строки определяется как:

$$L_i = \frac{L_{max}}{P_i^{3/2}}, \qquad (10)$$

Отметка размытого дна $\nabla_{разм}$ (строка 2, таблица 5):

$$\nabla_{размi} = H_{РУВВ} - \left[P_i \times h_{max} \times (1 + \Delta P / P) + h_{вi}\right], \qquad (11)$$

где: $H_{РУВВ}$ – расчётный уровень высокой воды, м;

h_{max} – наибольшая глубина в русле под мостом, м;

$\Delta P / P$ – погрешность расчёта, $\Delta P / P = 0{,}15$ (погрешность 15 %);

$h_{вi}$ – глубина воронки местного размыва, м (строка 3);

$$h_{вi} = 3{,}8k\left(\frac{v^2_{рмi}}{gb_{оп}}\right)^{0{,}9} b_{оп} - 30d, \qquad (12)$$

где: k – коэффициент формы опоры, назначаемый по таблице 6, можно принять k = 1;

$b_{оп}$ - ширина опоры, соответствующая коэффициенту стеснения λ = 0,04, примерно равна $b_{оп}$ = 2,5 м;

d – крупность несвязных грунтов, (табл. 7).;

30d – величина поправки за счет геологического сложения, для песков можно пренебречь величиной 30d ≈ 0.

g - ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с^2;

$v_{рмi}$ - скорость течения воды в русле после общего размыва, м/с (строка 4).

$$v_{рмi} = v_{рб} \frac{P_i^{1/8}}{(1-\lambda)^{1/4}}, \text{ м/с} \qquad (13)$$

где: $v_{рбi}$ - скорость после размыва под мостом при длине моста, равной ширине русла, можно принять 1,50 м/с.

По техническим условиям проектирования глубина заложения массивного фундамента опоры мостов, считая от линии общего размыва, должна быть не меньше, чем глубина воронки местного размыва или 2,5 м. Из данного условия определяется отметка подошвы массивного фундамента, (строка 5):

$$\nabla_{под} = \nabla_{раз} - (2{,}5 - h_{вi}), \qquad (14)$$

где: $\nabla_{под}$ - отметка подошвы фундамента, м;

$\nabla_{размi}$ - отметка размытого дна, м;

$\left(2{,}5 - h_{в_i}\right)$ - относительная величина для определения $\nabla_{под}$.

Таблица 6

Коэффициенты формы опоры

Тип опоры	Вид опоры	k при нормальном набеге потока на опору ($\alpha=0°$)	Тип опоры	Вид опоры	k при нормальном набеге потока на опору ($\alpha=0°$)
1		0,85	5		1,25
2		1,05	6		1,00
3		1,00	7		0,70
4		1,25	8		0,65

Таблица 7

Неразмывающая средняя скорость течения

Грунт	Донная размывающая скорость, м/с	Крупность частиц d, мм,
Песок: мелкий	0,20	0,05 -0,25
средний	0,20	0,25 – 1,00
крупный	0,20 – 0,25	1,00 – 2,50
Гравий: мелкий	0,25 – 0,35	2,50 – 5
средний	0,35 – 0,50	5 – 10
крупный	0,50 – 0,60	10 – 15
Галька: мелкая	0,60 – 0,80	15 – 25
средняя	0,80 – 1,00	25 – 40
крупная	1,0 – 1,35	40 – 75
Булыжник: мелкий	1,35 – 1,60	75 – 100
средний	1,60 – 1,95	100 – 150
крупный	1,95 – 2,25	150 – 200
Валуны: мелкие	2,25 – 2,75	200 – 300
средние	2,75 – 3,15	300 – 400
крупные	> 3,15	> 400

Глубина наименьшего необходимого погружения подошвы фундамента от горизонта межени, при котором строятся опоры (строка 6, табл. 5).

$$h_{ф} = \nabla_{УМВ} - \nabla_{под}\ , \qquad (15)$$

где: $h_{ф}$ - глубина наименьшего погружения подошвы фундамента от уровня меженной воды;

$\nabla_{УМВ}$ - отметка уровня меженной воды;

$\nabla_{под}$ - отметка подошвы фундамента (срока 5).

Анализируя конкретные геологические условия и делая проверку по приращению площади после размыва для судоходных рек р=1,5 окончательно выбирают длину моста.

Результаты расчёта сводим в график на рис. 4 и табл. 5.

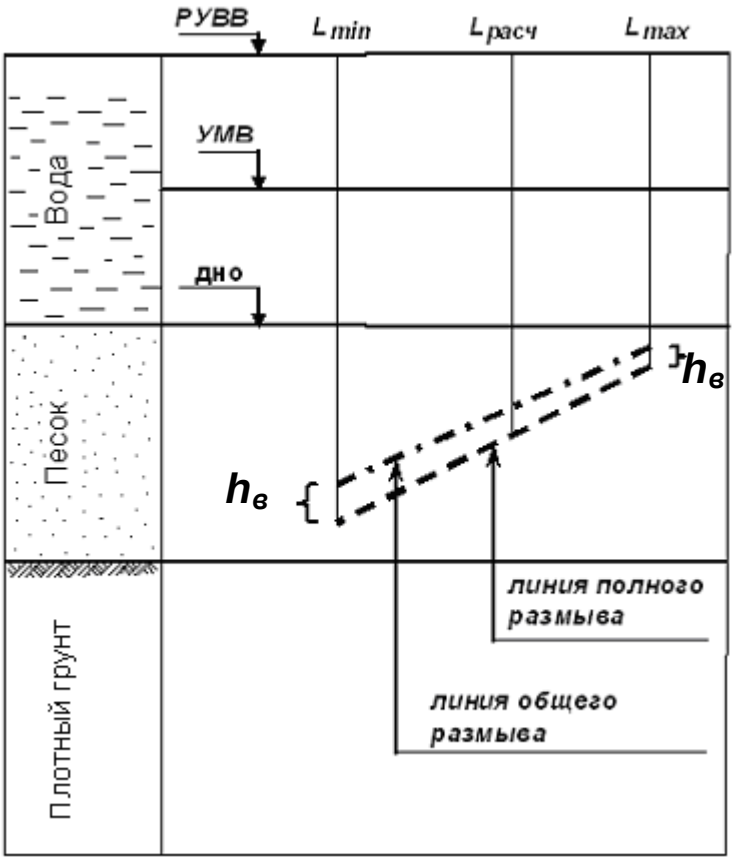


Рис. 4. Связь между размывом и длиной моста

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЁТНОГО СУДОХОДНОГО УРОВНЯ (РСУ)

Расположив наблюдаемые уровни в убывающем порядке (табл. 1), определяем порядковый номер максимального годового уровня, вероятность которого соответствует классу водного пути (приведен в задании):

$$N = \frac{a(n+1)}{100}, \tag{16}$$

где: n – количество лет наблюдений, шт;

a – вероятность превышения расчетного паводка для водных путей и соответствующие габариты (табл. 8).

Допустимая продолжительность состояния уровней воды выше РСУ:

$$t = \frac{kT}{100}, \tag{17}$$

где: k- разрешение процент потери навигационного времени (табл. 8);

T - продолжительность навигации, (по заданию).

Таблица 8

Подмостовые габариты

В метрах

Класс водного пути (участка)	Высота подмостового габарита h , не менее	Ширина подмостового габарита В , не менее, для пролета		a	k
		неразводного	разводного		
1	17,0	140	60	2	5
2	15,0	140	60	3	6
3	13,5	120	50	4	6
4	12,0	120	40	5	5
5	10,5	100/60	30	5	3
6	9,5	60/40	-	4	2
7	7,0	40/30	-	4	2

Примечание.

1. Приведённые в таблице значения являются габаритами судового хода под судоходными пролетами.

2. В знаменателе приведена ширина для второго и последующих судоходных пролетов.

3. Значения ширины В, указанные в графе 4, приведены для разводного пролета, предназначенного для пропуска только судов с большой надводной высотой. Если разводной пролет предназначен для пропуска составов, то его ширину следует принимать в соответствии с графой 3.

Рис. 5. - Подмостовой габарит неразводного судоходного пролета моста

ABCDA и AEFKLDA - контуры подмостового габарита;
РСУ - расчетный высокий судоходный уровень воды;
ПУ - проектный уровень воды;
Н- общая высота подмостового габарита;

h - высота подмостового габарита над РСУ;
B - ширина подмостового габарита;
d - гарантированная глубина судового хода на перспективу;
a - амплитуда колебаний уровней воды между РСУ и ПУ.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ МОСТА

Отметка проезжей части на мосту:

- для судоходных рек

$$H_м = РСУ + h + h_{констр}; \quad (18)$$

- для несудоходных рек

$$H_м = H_{расч} + h + h_{констр}, \quad (19)$$

где: h –подмостовой габарит (табл. 8, рис. 5);

$h_{констр}$ – высота пролетного строения, в проекте можно принять равной 2,1 м.

6. РАСЧЁТ ПОДПОРА

Для назначения отметки насыпи на пойме должен быть подсчитан подпор перед мостом Δh и у насыпи на границе разлива.

Подпор перед мостом:

$$\Delta h \approx \frac{B_o - L}{2\Theta} \times I_б \times \left(3\beta^2 - 3\right) \times \left(1 + \chi\right), \quad (20)$$

где: B_o - ширина разлива реки, м;

L - отверстие моста, м;

Θ - число пойм (одна или две);

β - коэффициент стеснения потока;

$$\beta = Q / Q_{рб}, \quad (21)$$

где: $I_б$ - бытовой уклон реки (принять в пределах 0,0015-0,00055);

χ - относительная величина верховых струенаправляющих дамб;

$$\chi = \frac{l_в}{B_o - L}, \quad (22)$$

где: $l_в$ – длина верховых дамб.

При значительных стеснениях $\beta > 1{,}4$ вводятся поправки.

Поправка к величине подпора:

$$k_п = 1 - 0{,}14\sqrt{\beta - 1{,}4} \qquad (23)$$

Поправка, учитывающая снижение подпора в связи с размывом под мостом вводится к величине β^2:

$$k_p = 0{,}25(2 - P_i)^2 + 0{,}75 \qquad (24)$$

При введении поправок формула (20) примет следующий вид:

$$\Delta h = \frac{B_o - L}{2\Theta} \times k_п \times I_б \times \left(3k_p\beta^2 - 3\right) \times (1 + \chi) \qquad (25)$$

Подпор в створе мостового перехода у границы размыва будет равен:

$$\Delta h_н = \Delta h + (B_o - L) \times I_б \qquad (26)$$

7. ВЫСОТА НАСЫПИ В ПОЙМЕ

Бровка насыпи должна возвышаться над подпёртым уровнем воды не менее чем на толщину дорожной одежды (принимается $h_{д.о.} = 0{,}5$ м) или на высоту волны с набегом (см. рис. 6).

Наибольшая высота волны не может составлять больше 0,2 м от средней глубины воды на пойме $h_п$.

$$h_{вол} \le 0{,}2h_п\ , \qquad (27)$$

где: $h_п$ - средняя глубина воды на пойме, м.

Высота набега волны

$$h_{наб} = \frac{4{,}3 \times K_Ш \times h_{вол}}{m}, \qquad (28)$$

где: 4,3 – числовой коэффициент;

$K_Ш$ - коэффициент относительной шероховатости откоса (табл. 9);

$h_{вол}$ - высота волны, м;

m - коэффициент заложения откоса (принимается $m = 2{,}0$).

Таблица 9

Коэффициент относительной шероховатости откоса

Наименование покрытия	**Коэффициент относительной шероховатости откоса, $K_Ш$**
Сплошное непроницаемое гладкое покрытие (асфальтобетон, монолитный бетон)	1,00
Сборные бетонные плиты	0,90
Каменная кладка (мощение) и дерн	0,75 – 0,80
Наброска из булыжника	0,60 – 0,65
Наброска из рваного камня	0,55
Наброска из тетраподов	0,50

Окончательная высота насыпи на пойме равна:

$$H_{пойм\ нас} = H_{РУВВ} + \Delta h_н + h_{наб} + \Delta h \qquad (29)$$

где: $H_{РУВВ}$ - расчетная глубина воды на пойме, м;

$\Delta h_н$ - подпор в створе мостового перехода, м;

$h_{наб}$ - высота набега волны, м.

Δh - технический запас, не менее 0,5 м.

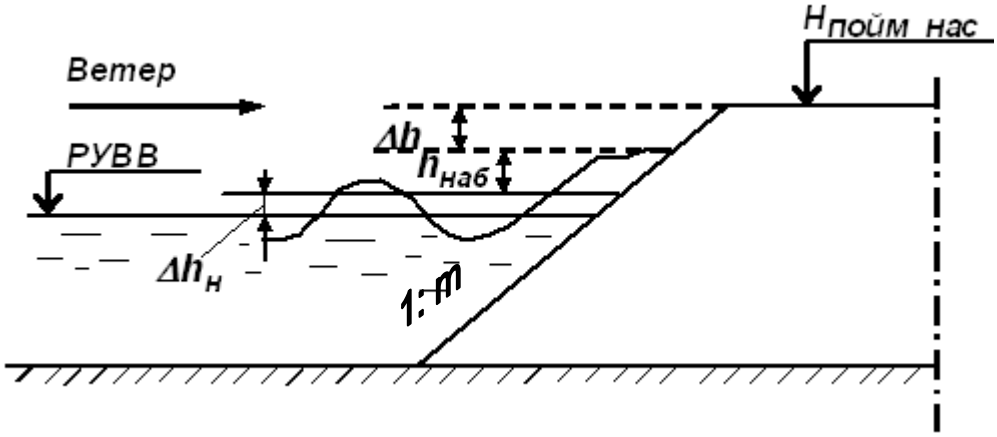
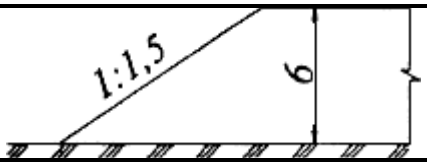
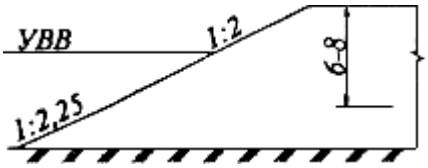
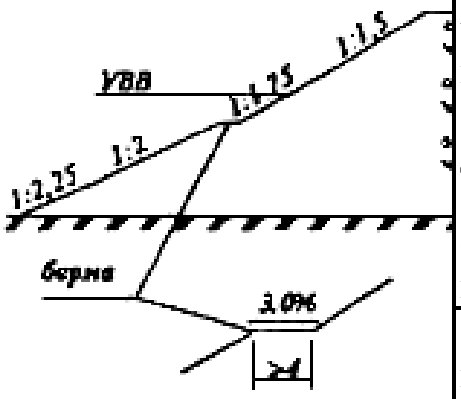
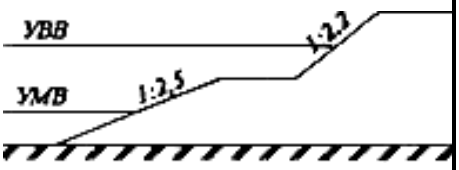


Рис. 6. Схема набега волны на откос

Таблица 10

Поперечные профили насыпей подходов

Профиль насыпи	Условия применения	
1	2	
	при высоте насыпи до 6 м крутизна откосов принимается 1:1,5	На незатапливаемых участках
	крутизна верхней части откоса на высоту 6-8 м принимают 1:2, а затем через каждые 6-8 м крутизну откосов уменьшают на 1/4	Откосы насыпи подтапливаются почти на всю высоту, в т.ч. из-за набега воды
	крутизну надводной части верха откосов на высоту 6-8 м принимается 1:1,5, а затем через каждые 6-8 м уменьшается на 1/4. Подтапливаемая часть - крутизна откосов 1:2 и менее.	На участке частично подтапливаемой насыпи
	При устройстве берм их ширину назначают, как правило, 4 м	При пересечении проток, стариц, озер.
		При высоких насыпях, для обеспечения их устойчивости и создания условий для содержания

8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА

Пойменная незатопляемая насыпь на подходе к мосту может быть разделена на характерные участки (рис. 7): спуск с берега речной долины на пойму (I); участок насыпи с минимальным допускаемым возвышением бровки над водой (II); подъем к мосту, обычно значительно возвышающемуся над уровнем воды (III).

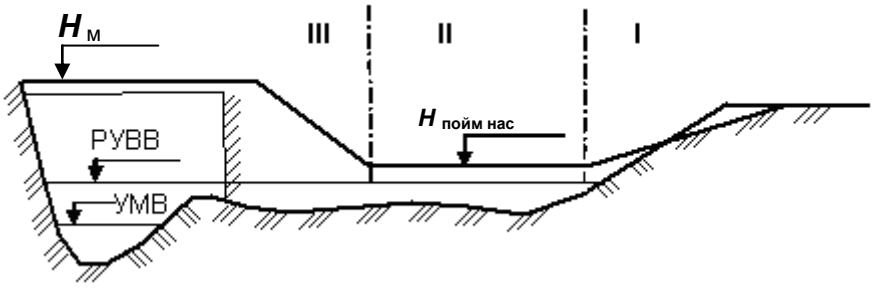


Рис. 7. Деление продольного профиля пойменной насыпи на характерные участки

Допускаемый максимальный продольный уклон на подходах к мосту и минимальные радиусы вертикальных кривых принимают в зависимости от категории дороги, пересекающей водоток. На автомобильных дорогах продольный уклон на подходах к мосту не должен превышать максимального уклона, который встречается на участках, находящихся за пределами мостового перехода. Это объясняется тем, что в случае применения наибольших продольных уклонов только на подходах к мосту (с целью уменьшения объема земляных работ) будет ограничено движение автопоездов на всем протяжении данной дороги.

Максимальный продольный уклон принимают на I и III участках продольного профиля. Длина этих участков должна быть достаточной для размещения на них тангенсов выпуклых и вогнутых вертикальных кривых.

Для того чтобы обеспечить устойчивое сопряжение проезжих частей моста и дороги, конец выпуклой кривой назначают не ближе чем на 10 м от конца моста. Обычно этот участок принимают равным 10 – 25 м. На нём сохраняется продольный уклон моста.

На мостах принимают более низкое значение продольного уклона, чем на подходах. Часто мосты располагают на горизонтальных площадках (с нулевым уклоном). Продольный уклон ездового полотна мостов должен быть не более 30‰.

Контрольными точками, определяющими положение красной линии на продольном профиле мостового перехода, являются:

- минимальная допустимая отметка проезжей части по оси моста;
- минимальная отметка пойменной насыпи (II);

- минимальные отметки над водопропускными трубами;
- отметки начала и конца трассы.

Участки сопряжения высокой и низкой пойменных насыпей состоят из прямой вставки с экономическим уклоном спуска с моста $i_{эк}$ и примыкающих к нему выпуклой и вогнутой вертикальных кривых.

Уклон прямой вставки $i_{эк}$, соответствующий наименьшему объему земляных работ на участке сопряжения, определяется по формуле:

$$i_{эк} = \sqrt{\frac{H_м - H_{пойм\ нас}}{R_{вып}}}\ , \qquad (30)$$

где: $R_{вып}$ - минимальный радиус выпуклой кривой, назначаемый в зависимости от категории дороги.

Тангенс вертикальной кривой определяется по формуле (31)

$$T = R_{вып} \times \frac{i_{эк}}{2} \qquad (31)$$

Длина спуска, тангенс вертикальной кривой, по формуле (32)

$$K = 2T \qquad (32)$$

ПРИМЕР.

Для дороги III категории вертикальные выпуклые кривые, обеспечивающие видимость, можно вписывать радиусом $R_{вып} = 10\ 000$ м. В этом случае экономический уклон с моста, приводящий к наименьшему объему земляных работ

$$i_{эк} = \sqrt{\frac{153{,}50 - 145{,}70}{10\ 000}} = 0{,}028\ ,$$

что меньше максимального уклона для дорог III категории, равного 0,03.

Тангенс вертикальной кривой

$$T = 10\ 000 \times \frac{0{,}028}{2} = 140 \text{ м.}$$

Следовательно, точку перелома продольного профиля необходимо отнести от конца моста на $140 + 10 = 150$ м.

Длина спуска $K = 2T = 2 \times 140 = 280$ м.

Если вогнутую вертикальную кривую вписать радиусом 3000 м, то тангенс этой вертикальной кривой

$$T = 3000 \times \frac{0{,}028}{2} = 42 \text{ м.}$$

Продольный профиль мостового перехода на данный расчёт показан на рис. 8.

Продольный профиль автомобильной дороги выполняют с учетом данных, приведенных в таблице-сетке, помещаемой под продольным профилем (ПРИЛОЖЕНИЕ 1).

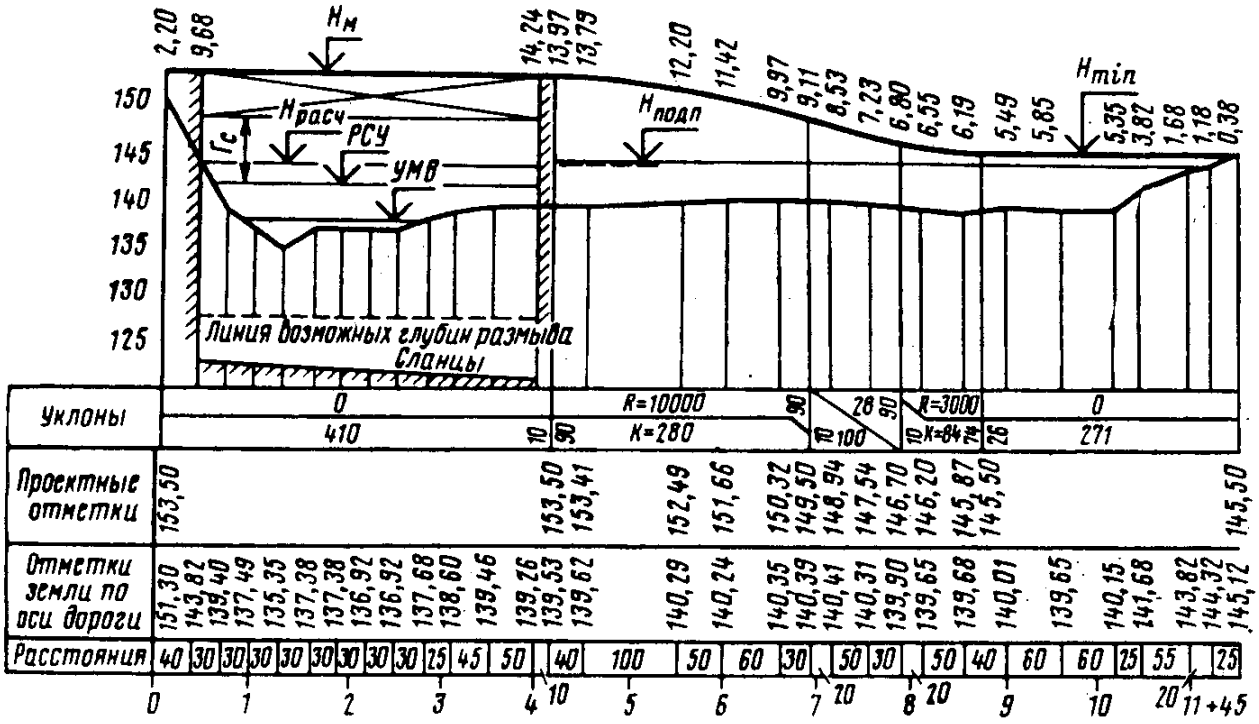


Рис. 8. Пример продольного профиля мостового перехода

9. РАСЧЁТ РАЗМЕРОВ СТРУЕНАПРАВЛЯЮЩЕЙ ДАМБЫ

На пересечениях равнинных рек насыпи подходов к мостам обычно перекрывают значительную часть поймы. Пойменные воды отклоняются насыпью в сторону моста. Струенаправляющая дамба, примыкающая к устою, обеспечивает плавное подведение пойменных вод к отверстию моста и постепенное расширение потока за мостом (рис. 9). Их устраивают в том случае, когда на участке поймы, перекрытом насыпью, проходит не менее 15% всего расчетного расхода воды. По своему очертанию и форме в плане они могут быть криволинейными, криволинейными с прямой вставкой и прямолинейными.

В условиях нормального пересечения водного потока следует применять криволинейные струенаправляющие дамбы, очертание которых может быть построено (рис. 10) по парным координатам, приведенным в таблице 12. Координаты оси дамбы могут быть определены путем умножения табличных значений на линейный параметр

$$\mathbf{R = l_в/3}\ , \qquad (33)$$

где $l_в$ – необходимая длина верховой струенаправляющей дамбы.

При наличии пойменных участков и значительного сжатия потока пойменными насыпями необходимо устройство струенаправляющих дамб. Эти сооружения способствуют «организации» паводкового потока, что уменьшает возможность размыва у пойменных насыпей и береговых устоев моста.

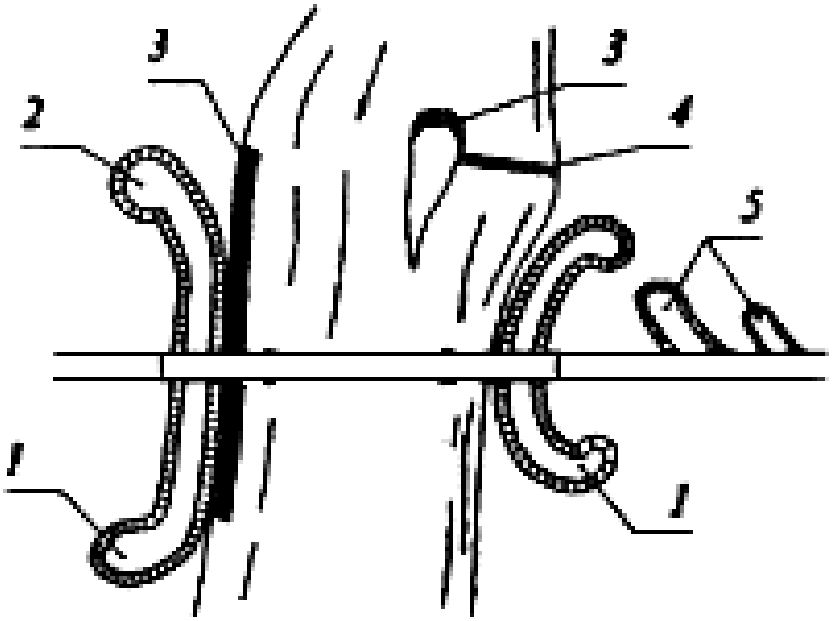


Рис. 9. План мостового перехода:
1 - струенаправляющая дамба низовая; 2 - то же верховая;
3 - береговое укрепление; 4 - запруда; 5 - траверсы

Длина криволинейной дамбы зависит от отношения $\beta = Q / Q_{рб}$, значения которого приведены в таблице 11.

Таблица 11

Зависимость длины моста от коэффициента стеснения потока

$\beta = Q / Q_{рб}$	1-1,2	1,25	1,50	1,75	2,0	2,5
$l_в$ /L	0	0,15	0,3	0,45	0,60	0,75

Таблица 12

Координаты струенаправляющих дамб

№ точек	l/R	X/R	Y/R	№ точек	l/R	X/R	Y/R
Верховая дамба				12	2,2	0,805	0,087
1	0,0	2,321	1,435	13	2,4	0,610	0,050
2	0,2	2,300	1,237	14	2,6	0,410	0,023
3	0,4	2,243	1,036	15	2,8	0,210	0,006
4	0,6	2,151	0,870	16	3,01	0	0
5	0,8	2,027	0,710	**Низовая дамба**			
6	1,0	1,886	0,570	17	3,2	- 0,192	0,005
7	1,2	1,732	0,453	18	3,4	- 0,393	0,020
8	1,4	1,556	0,348	19	3,6	- 0,592	0,041
9	1,6	1,375	0,254	20	3,8	- 0,791	0,062
10	1,8	1,186	0,193	21	4,0	-0,990	0,082
11	2,0	1,000	0,134	22	4,2	-1,189	0,103

Примечание. Точка с координатами x=0; y=0 соответствуют месту примыкания дамбы к оси моста (рис. 10).

Ширину дамб по верху принимают не менее 2,0 м, а чаще равной - 3,0 м. Головную часть дамб уширяют в сторону пойм не менее чем до 4,0 м (рис. 11). Откосам дамб придают уклон не круче 1 : 2, а в головной части 1 : 3. В зависимости от скорости течения откосы дамб укрепляют (табл. 13) бетонными или железобетонными плитами, иногда одиночным или двойным мощением, а у подошвы - каменной наброской или фашинными (каменно-хворостяными) тюфяками

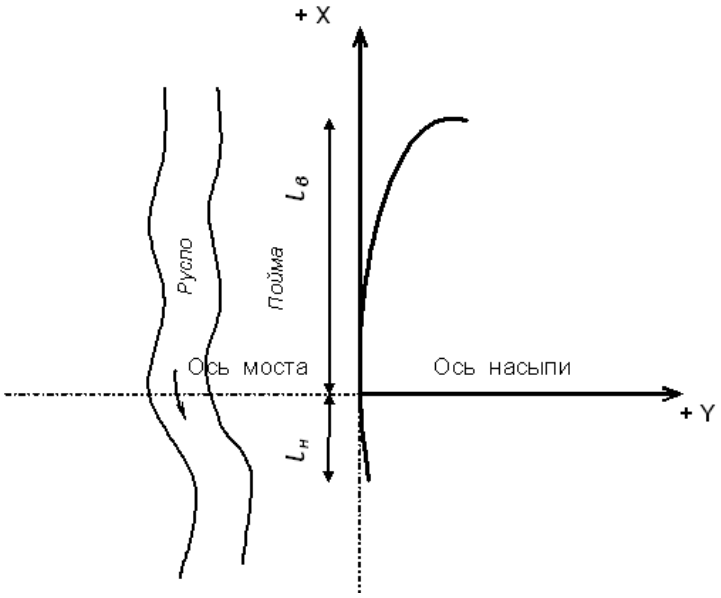


Рис. 10. Очертание струенаправляющей дамбы в плане

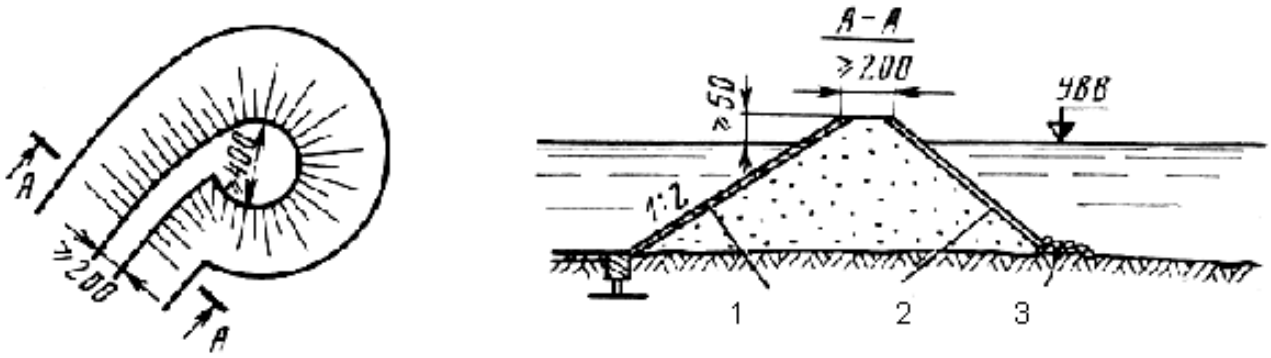


Рис. 11. Элементы и конструкция струенаправляющих дамб:

1 - бетонные или железобетонные плиты; 2 - одерновка; 3 - каменная отсыпка.

Внутренние откосы дамб обычно укрепляют одерновкой. На горных реках с быстрым течением применяют укрепление берегов и откосов дамб тюфяками из бетонных и железобетонных плит, габионами (сетками из оцинкованной стальной проволоки, заполненными камнем) или же другими способами.

Таблица 13

Укрепление регуляционных сооружений

Тип укрепления	**Допускаемые**			
	Скорость течения при глубине 1 - 5 м (м/сек)	**Ветровая волна, м**	**Толщина льда, м**	**Крутизна откоса (заложение)**
Каменная наброска из булыжного или рваного камня крупностью				
15-20 см	3,0-4,0	0,3	0,2	1:2
25-30 см	3,8-5,0	0,5	0,6	1:2
Покрытие из железобетонных плит размером 2,5х3,0 при толщине				
15 см	3,5	1,3	0,6	1:2
20 см	4,0	1,7	1,2	1:2
Покрытие из бетонных плит размером 1,0х1,0 при толщине				
16 см	3,5	1,0	0,6	1:2
20 см	4,0-6,0	-	0,8-1,0	1:1,5
Посадка кустарника сплошная	до 2,5	0,5	0,2	1:2

Одерновка "плашмя"	до 1,5	0,25	-	1:1,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

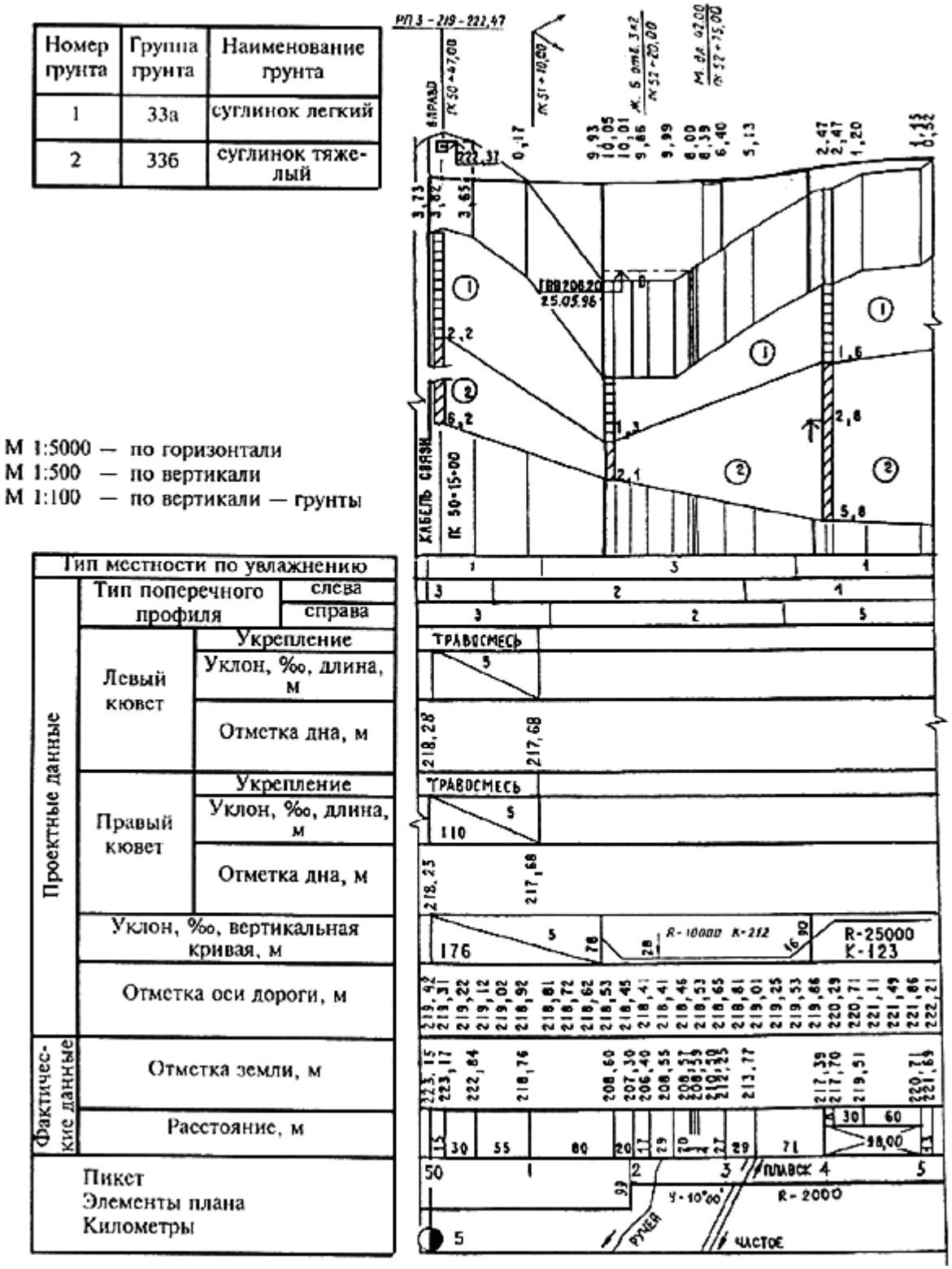


Рис. 1. Пример оформления продольного профиля автомобильной дороги общего пользования

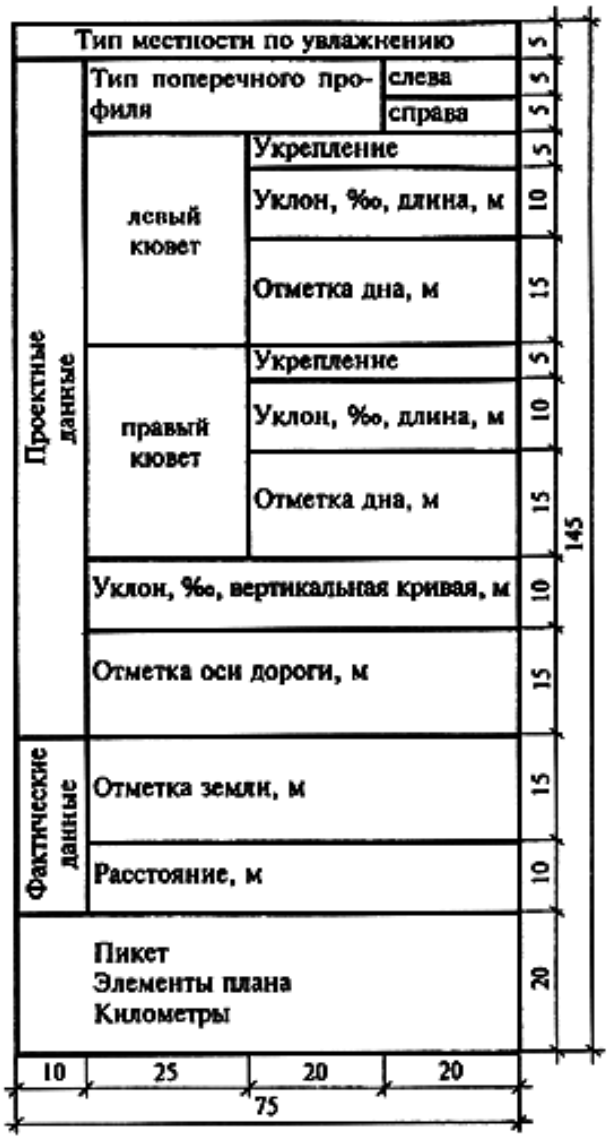


Рис. 2. Боковик для продольного профиля

Рис. 3. Таблица данных по слоям грунтов

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

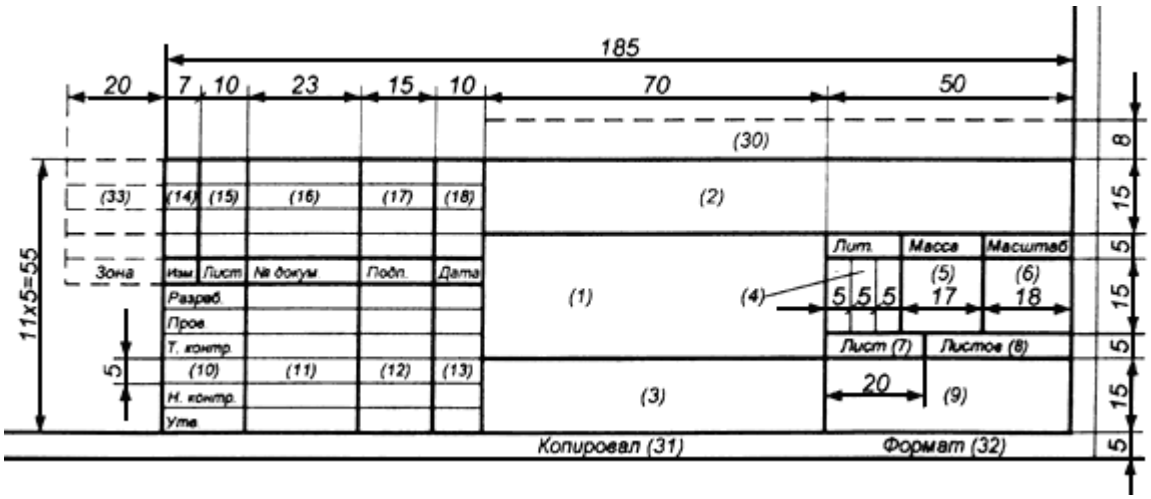


Рис. 1. Основная надпись для чертежей

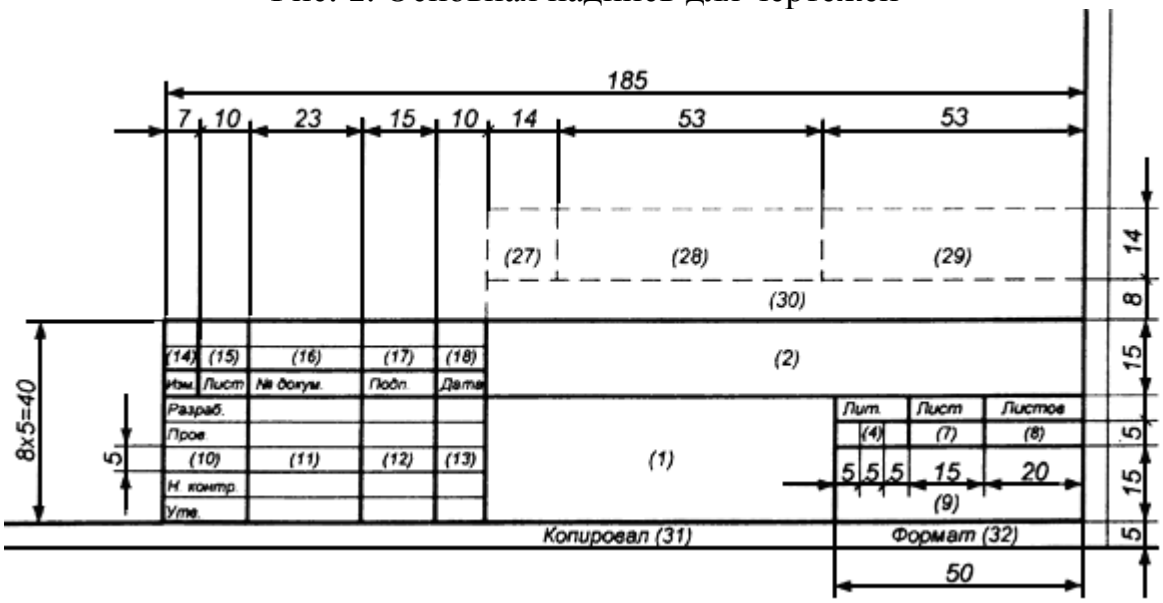


Рис. 2. Основная надпись для текстовых документов (пояснительной записки)

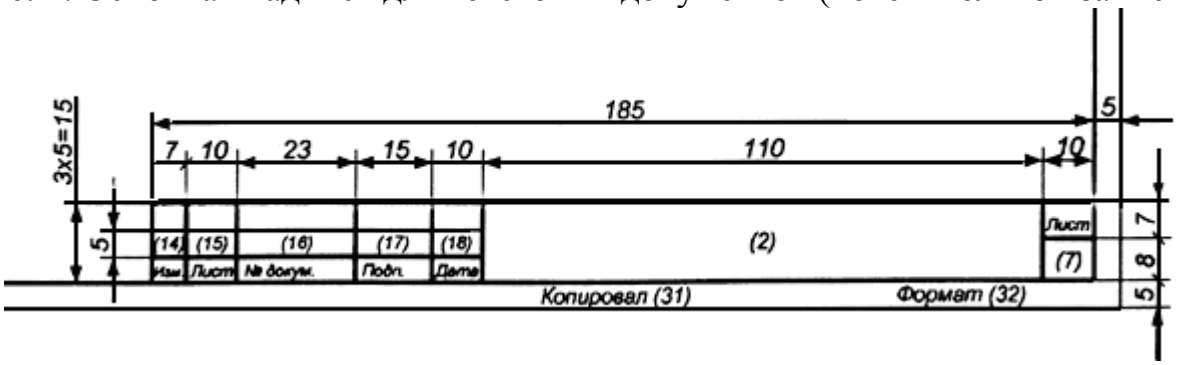


Рис. 3. Основная надпись и для текстовых документов (последующие листы)

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 34.13330..2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85. -М.: Министерство регионального развития РФ. 2012.
2. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84 -М.: Министерство регионального развития РФ, 2011. – 431 с.
3. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД) [Текст]. В 8 т. Т. V. Проектирование автомобильных дорог / под ред. Г. А. Федотова, П. И. Поспелова, – М.: Информавтодор, 2007. – 668 с.
4. 2.Изыскания и проектирование мостовых переходов. Федотов Г.А./ Учебное пособие для ВУЗов. Москва, Высшая Школа, 2010, 519с.
5. Андреев О.В. Проектирование мостовых переходов. - М., Транспорт, 1980.-215 с.
6. Автомобильные дороги: (Примеры проектирования) / Под ред. В.С. Порожнякова. - М.: Транспорт, 1983. – 303 с.
7. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог: В 2-х ч. Ч. 2: Учебник для вузов. - М.: Транспорт, 1987. –415 с
8. Ротенбург И.С. и др. Мостовые переходы. Учеб. Пособие для вузов М., «Высш. школа», 1977. – 328 с.
9. ГОСТ 26775-97. Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях. М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1998.

О.А.Логинова

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ БОЛЬШОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА

Редактор

Корректор

Подписано в печать Формат 60x84/16
Заказ № Печать ризографическая Усл. - печ. л.
Тираж экз. Бумага офсетная № 1 Уч. - изд. л.

Издательство КГАСУ
420043, Казань, Зеленая, 1