

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра

Строительство дорог и инженерная экология

Малый мост

**Методические указания
по выполнению курсовой работы**
для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство
профиль «Автомобильные дороги»
всех форм обучения



Чебоксары 2024

Введение

В местах, где трасса дороги пересекает естественные понижения местности, логии, тальвеги, речные долины, по которым периодически (от ливней, таяния снега) или постоянно (ручьи, реки) течет вода, для ее пропуска устраивают искусственные сооружения. Выделяют малые сооружения длиной до 30 м (трубы), средние (мосты длиной 30-100 м) и большие (мосты длиной более 100 м). Трубы являются основным типом водопропускных сооружений на автомобильных дорогах на водотоках с расходом до 20-30 м³/с при отсутствии ледохода, так как они могут свободно располагаться при любых сочетаниях продольного профиля и плана дороги, при любых высотах насыпи с сохранением постоянного типа покрытия на протяжении дороги. Поэтому количество труб на автомобильных дорогах составляет 96% от общего количество водопропускных сооружений на дорогах.

При проектировании водопропускных сооружений необходимо определить расчетный (максимальный) расход воды. Расходы в зависимости от природных условий и характеристики водотока непрерывно изменяются. Поэтому за расчетный принимается наибольший расход, повторяющийся 1 раз за 100, 50 лет или 33 года в зависимости от капитальности сооружения и категории дороги. Расчетный расход для больших водотоков определяется на основании материалов многолетних наблюдений за проходом паводков, а для малых водотоков – по формулам, учитывающим основные факторы, влияющие на формирование стока. (площадь бассейна, сток с которого притекает вода к мосту или трубе, грунт, на основании которого устанавливается потеря осадков на впитывание, рельеф местности, растительность, наличие озер, болот, влияющих на задержание стока).

К примеру, для определения отверстия водопропускного сооружения методом *математической статистики* в задании должны быть даны наивысшие годовые уровни воды (по условным данным водомерного поста) не менее чем за 15-20 лет. Вероятность превышения паводка устанавливают в соответствии с требованиями СН. При заданном живом сечении и расчетном горизонте величина отверстия большого моста может быть определена по методу *гидравлических эквивалентов или морфологических характеристик*. Широкое применение находит метод проф. О.В.Андреева, основанный на *балансе наносов*.

Мосты проектируются в следующих случаях:

- при пересечении периодически действующих водотоков с большими расходами воды, пропустить которые трубы не могут;
- при пересечении оросительных и осушительных каналов;

На водотоках имеющих постоянный расход даже в зимнее время при январской изотерме ниже –13⁰С рекомендуется проектировать мосты, т.к. в случае промерзания водотока до дна образовавшаяся наледь может закупорить трубу, повредить и разрушить ее. На постоянных водотоках и

суходолах с площадью водосбора 20 км² и более в дружную весну можно ожидать ледоход, в этих случаях необходимы мосты.

Расчет отверстий малых мостов, т.е. при площади водосборного бассейна менее 100 км² ведем по схеме в такой последовательности:

- *определение бытовой глубины протекания воды в нестепенном русле водотока;*
- *установление схемы протекания воды под мостом;*
- *определение величины отверстия моста;*
- *уточнение расчетных данных применительно к типовым размерам искусственных сооружений;*
- *назначение высоты насыпи и высоты моста;*
- *определение длины моста.*

Мосты длиной до 30 м относят к малым водопропускным сооружениям.

Требования к структуре курсовой работы

По структуре курсовая работа состоит из:

- введения, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формулируется цель работы, указываются используемые прикладные программы;
- расчетно–пояснительной записки, в которой приводятся все необходимые проектные решения, соответствующие расчеты, ведомости, схемы и пояснения;
- заключения;
- списка используемых информационных источников.

Организация выполнения курсового проекта

Общее руководство и контроль хода выполнения курсовой работы осуществляет преподаватель соответствующей дисциплины.

Задание выдается преподавателем индивидуально каждому студенту. Приветствуется разработка проектных решений на основании действующих норм с применением различных программных комплексов.

По завершению выполнения курсовой работы студентом руководитель проверяет, подписывает ее и вместе с письменным отзывом отдает студенту для ознакомления. После исправления замечаний студент допускается к защите курсовой работы.

Курсовая работа оценивается по пятибалльной шкале.

Рекомендации по оформлению курсовой работы

Курсовая работа выполняется студентом самостоятельно согласно выданного преподавателем задания.

Курсовая работа должна содержать:

- титульный лист (Приложение 1);
- задание;

- содержание;
- расчетно-пояснительную записку, состав которой приведен в задании на курсовой проект (Приложение 2).
- перечень использованных при проектировании информационных источников;

Титульный лист должен содержать:

- наименование образовательного учреждения;
- наименование специальности;
- наименование учебной дисциплины;
- тему проекта;
- учебную группу, фамилию и инициалы студента;
- фамилию и инициалы руководителя проекта;
- год разработки проекта.

Титульный лист не нумеруется.

Расчетно–пояснительная записка должна быть отпечатана в рамке (Приложение 3) с одной стороны листа А4 (210 х 297мм) с полями: левое 20мм, правое – 5мм, верхнее – 5мм, нижнее – 5мм.

Размер шрифта - 14, пробел между строками - 1,0 интервал. В таблицах размер шрифта – читаемый, на усмотрение студента.

Таблицы, формулы, рисунки нумеруются по порядку для всего проекта.

Заголовки и подзаголовки, как и весь текст, набираются только строчными буквами - по центру, жирным шрифтом.

Текст расчетно–пояснительной записки должен быть выровнен по ширине листа.

Для наглядности в данных методических указаниях примеры приведены курсивом. Курсив в расчетно-пояснительной записке – не разрешается.

Пример оформления рамки расчетно-пояснительной записки и содержания (1 лист) представлен (Приложение 3,4).

1. РАСЧЁТ МОСТА

1.1. Исходные данные

Район проектирования _____-;
Расположение ПК.....;
Категория дороги.....;
Расчетная вероятность превышения $P = \dots\dots\dots\%$ (I категория – 1%
II и III – 2%, IV и V – 3%)
Номер ливневого района[прил.1; 1, 210];
Площадь бассейна $F = \dots\dots\dots\text{км}^2$;
Средний уклон лога бассейна $i_{\text{л}} = \dots\dots\dots\%$;
Уклон лога сооружения $i_{\text{соор}} = \dots\dots\dots\%$;
Длина лога бассейна $L = \dots\dots\dots\text{км}$;
Заложение склонов лога у сооружения $m_1 = \dots\dots\%$, $m_2 = \dots\dots\dots\%$ (по
продольному профилю);
залесенность бассейна $\delta_{\text{л}} = \dots\dots\%$
заозерность и заболоченность бассейна $\delta_{\text{о}} = \dots\dots\dots\%$;
тип почв
уклон реки у сооружения $i_{\text{соор}} \dots\dots\dots\%$ сечение потока считается
треугольным с заложением откосов $m_1 \dots\dots\dots\%$
коэффициент шероховатости русла $n \dots\dots\dots$ (табл. 14).
Уклон лога $i_{\text{л}} = \dots\dots\dots\%$

1.2. Определение характеристик площади водосборного бассейна сооружения

Площадь водосборного бассейна ($F \text{ км}^2$) находят по топографической карте в горизонталях, очерчивая ее по водораздельным линиям (рис.1а). Определяется длину лога ($L \text{ км}$), измеряя по оси тальвега (пунктирная линия рис.1а). Расстояние центра тяжести бассейна до сооружения определяем по плану бассейна в зависимости от его конфигурации:

- при треугольном очертании бассейна $L_0 = L/3$;
- при прямоугольном очертании бассейна, его расстояние примерно равно половине длины бассейна $L_0 = L/2$;
- при прямоугольном очертании с вершиной у трассы $L_0 = 2L/3$.

Средний уклон главного лога ($i_{\text{л}}$) определяется по разности отметок между повышенной точкой лога и местом пересечения водотока трассой линейного сооружения, которую делят на длину лога ($L = 0,4 \text{ км}$). Средний уклон главного лога выражаем в промилле ($i_{\text{л}} = 32\text{‰}$) по формуле (1):

$$i_{\text{л}} = \frac{H_{\text{г}} - H_{\text{с}}}{L_{\text{л}}} \quad (1)$$

где: $H_{\text{г}}$ – отметка на границе водосборного бассейна; $H_{\text{с}}$ – отметка лога у сооружения

Уклон лога у сооружения ($i_{\text{соор}}$), необходимый для определения бытовых условий водотока. Определяется как уклон между точками на участке длиной 300 м (200 м выше и 100 м ниже сооружения); можно взять и другие расстояния, но соотношение должно быть 2 к 1 ($i_{\text{соор}} \text{‰}$) по формуле (2):

$$i_c = \frac{H_v - H_n}{100} \quad (2)$$

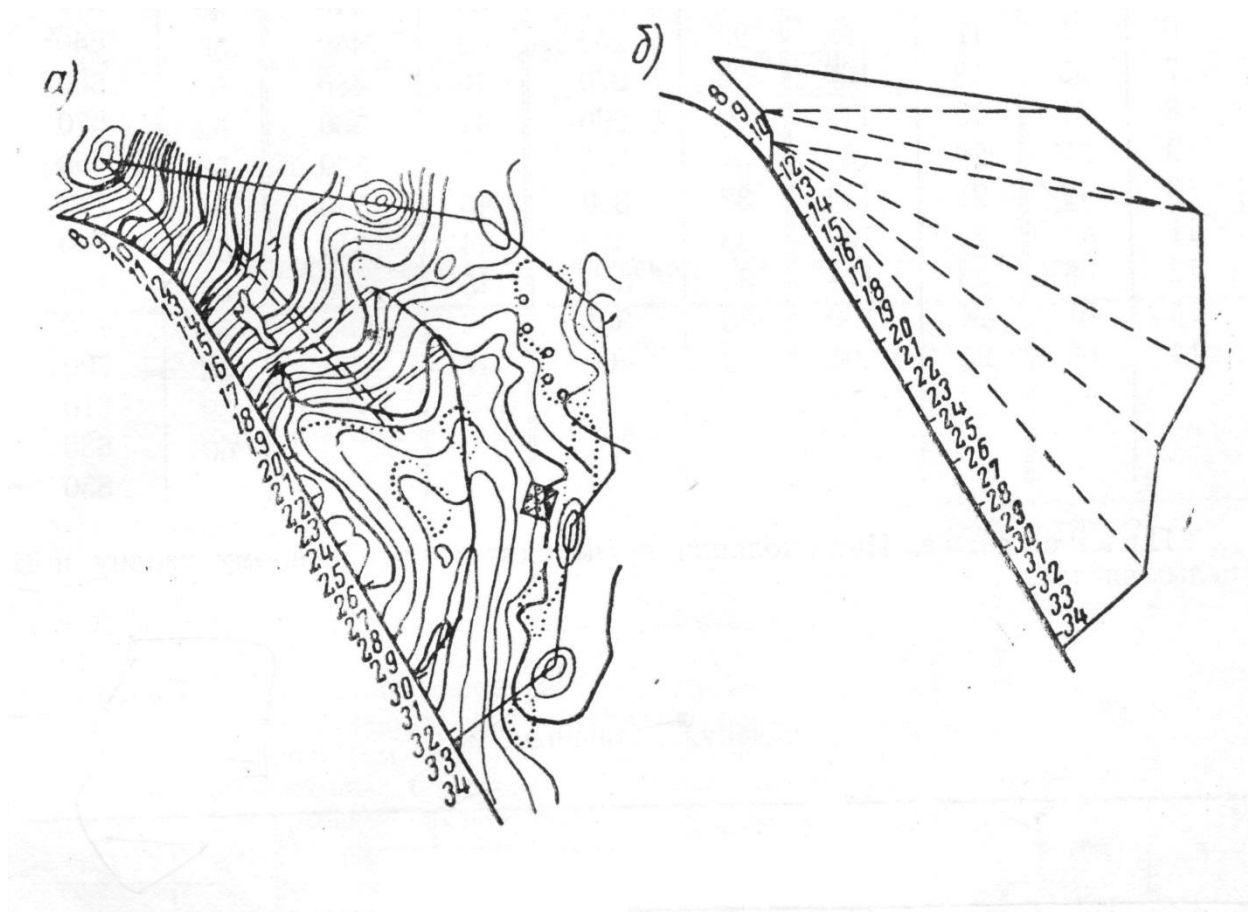


Рис.1 План бассейна стока
а) контур водосборного бассейна, б) площадь бассейна.

Гидравлические характеристики определяются для малого моста.

1.3.Определение расчетного расхода

1.3.1.Расчет максимального расхода ливневых вод

Максимальный расход ливневых вод определяется для моста и трубы в соответствии с площадью водосборного бассейна для каждого сооружения, которое вычисляется с помощью топографической карты, местоположения сооружения определяется по продольному профилю. Вычисление

производят по формуле (3), коэффициенты входящие в формулу определяются в соответствии с районом проектирования по таблицам:

$$Q_{\text{л}} = 16,7 * a_{\text{ч}} * F * K_t * \alpha * \varphi, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3)$$

где $a_{\text{ч}}$ – интенсивность ливня часовой продолжительности в зависимости от ливневого района (таб.1), [1, с.210].

$$a_{\text{ч}} = \dots 0,81 \dots \text{мм/мин};$$

где: K_t – коэффициент перехода от интенсивность ливня часовой продолжительности к интенсивности ливня расчетной продолжительности табл. 2, [1, с. 211], зависящий от длины водосбора L и скорости добега волн от наиболее удаленной точки водосбора до створа дороги (для

Таблица 1

Интенсивность ливня часовой продолжительности

№ ливневого района	ВП, %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
	Часовая интенсивность дождя, мм/мин							
1	0,22	0,27	0,29	0,32	0,34	0,40	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,50	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,70	0,95	01,15
4	0,45	0,59	0,64	0,69	0,74	0,90	01,14	1,32
5	0,46	0,62	0,69	0,75	0,82	0,97	1,26	1,48
6	0,49	0,65	0,73	0,81	0,89	1,01	1,46	1,73
7	0,54	0,74	0,82	0,89	0,97	1,15	1,50	1,77
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,46	1,78	2,07
9	0,81	1,02	1,11	1,20	1,28	1,48	1,83	2,14
10	0,82	1,11	1,23	1,35	1,46	1,74	2,25	2,65

обычных задернованных поверхностей бассейна скорость добега волн зависит от среднего уклона $i_{\text{л}}$; F – площади водотока, км²);

$$K_t = \dots;$$

α – коэффициент потерь стока, зависящий от вида и характера поверхности бассейна (табл. 3), [1, с. 211];

$$\alpha = \dots;$$

φ – коэффициент редукции максимального ливневого стока, зависит от площади водостока, определяется по формуле (4):

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[4]{10 * F}}, \text{ при этом для } F \leq 0,1 \text{ км}^2 \varphi = 1 \quad (4)$$

Максимальный расход ливневых вод составляет $Q_{\text{л}} = \dots \text{ м}^3/\text{с}$.

Объем стока ливневых вод определяется по формуле (5):

$$W = \frac{60000 * a_{\text{ч}} * F * \varphi}{\sqrt{K_t}}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

1.3.2. Расчет максимального расхода талых вод

В соответствии с инструкцией СН 435-72 «Указания по определению гидрологических характеристик» максимальный расход талых вод

определяется по редуccionной формуле ГГИ (Государственный гидрологический институт) по формуле (6), коэффициенты, которые определяются в соответствии с районом проектирования по таблицам:

$$Q_T = \frac{K_0 * h_p * F}{(1 + F)^n} * \delta_1 * \delta_2, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6)$$

где K_0 – коэффициент дружности половодья (табл. 4), [1, с. 213]

$$K_0 = \dots\dots\dots;$$

n – показатель степени зависящий от рельефа и климатических условий и назначаемый (табл.4), [1, с. 213];

$$n = \dots\dots\dots;$$

Таблица 2

Коэффициент перехода от интенсивность ливня часовой продолжительности
к интенсивности ливня расчетной продолжительности

L, км	i_L							
	0,0001	0,001	0,01	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7
	Значения k_t							
0,15	4,25							
0,30	2,57	3,86						
0,50	1,84	2,76	3,93	5,24				
0,75	1,41	2,08	2,97	4,50	5,05			
1,0	1,16	1,71	2,53	3,74	4,18	4,50	4,90	5,18
1,5	0,88	1,30	1,93	2,82	3,15	3,40	3,70	3,90
2,0	0,73	1,07	1,59	2,35	2,64	2,85	3,09	3,27
2,5	0,63	0,92	1,37	12,02	2,26	2,44	2,65	2,80
3,0	0,56	0,82	1,21	1,79	2,0	2,16	2,34	2,49
3,5	0,50	0,74	1,10	1,62	1,81	1,95	2,12	2,31
4,0	0,26	0,68	1,0	1,48	1,65	1,78	1,94	2,11
4,5	0,42	0,62	0,93	1,37	1,53	1,65	1,78	1,95
5,0	0,40	0,58	0,86	1,27	1,42	1,54	1,67	1,82
6,0	0,35	0,52	0,76	1,13	1,26	1,36	1,48	1,68
7,0	0,32	0,47	0,69	1,02	1,14	1,23	1,33	1,45
8,0	0,29	0,43	0,63	0,93	1,04	1,12	1,22	1,33
9,0	0,7	0,39	0,58	0,86	0,96	1,04	1,13	1,23
10,0	0,25	0,37	0,54	0,80	0,90	0,97	1,05	1,14
11,0	0,23	0,34	0,51	0,75	0,84	0,91	0,98	1,07
12,0	0,22	0,32	0,48	0,71	0,79	0,86	0,93	0,99
13,0	0,21	0,31	0,46	0,67	0,75	0,81	0,88	0,96
14,0	0,20	0,29	0,43	0,64	0,72	0,79	0,84	0,91
15,0	0,19	0,28	0,41	0,61	0,68	0,74	0,80	0,87
20,0	0,16	0,23	0,34	0,50	0,56	0,61	0,69	0,72

Таблица 3

Коэффициент потерь стока

Вид и характер поверхности	Коэффициент α при F, км ²		
	$\leq 0,1$	0,1-10	10-100
Асфальт, скала без трещин, бетон	1	1	1
Жирноглинистые почвы, takyры и takyровые почвы	0,80-0,90	0,65-0,95	0,65-0,90

Суглинки, подзолы, подзолистые и серые лесные суглинки, сероземы тяжелосуглинистые, тундровые и болотные почвы	0,70-0,90	0,55-0,90	0,50-0,75
Чернозем обычный и южный, светло-каштановые почвы, лесс, карбонатные почвы, темно-каштановые почвы	0,55-0,80	0,40-0,75	0,35-0,65
Супеси, бурые и серо-бурые пустынно-степные супесчаные и песчаные	0,35-0,60	0,20-0,55	0,20-0,45
Песчаные, гравелистые, рыхлые каменистые почвы	0,25	0,15-0,20	0,10

Таблица 4

Значения коэффициента дружности половодья

Географический район	Значение п	Значение k ₀	Географический район	Значение п	Значение k ₀
Лесотундровая зона			Зона засушливых степей и полупустынь		
Европейская территория России и Восточная Сибирь	0,17	0,010-0,006	Западный и Центральный Казахстан	0,35	0,060-0,040
Западная Сибирь	0,25	0,103-0,010	Горные районы		
Лесостепная и степная зоны			Урал	0,15	0,025-0,016
Европейская территория России	0,25	0,020-0,012	Карпаты	0,15	0,0045
Северный Кавказ	0,25	0,030-0,025	Алтай	0,15	0,0025-0,0015
Западная Сибирь	0,25	0,030-0,015	Камчатка	0,15	0,0010
			Сахалин	0,15	0,0014-0,0020

h_p – расчетный слой суммарного стока, мм заданной вероятности превышения (ВП) определяется по формуле (7):

$$h_p = h_{cp} * K_p, \text{ мм} \quad (7)$$

где h_{cp} – высота среднего многолетнего слоя стока, определяемая на основе карты изолиний [прил. 2; 1, с. 214], составленной для бассейнов площадью более 100 км² (для европейской части России) и более 1000 км² (для азиатской части России). Для меньших значений площадей вводятся поправочные коэффициенты: 1,1 - при холмистом рельефе и глинистых почвах и 0,9 - при плоском рельефе и песчаных почвах. При особо больших потерях стока (боровые пески) вводится коэффициент 0,5 в засушливых районах для площадей $F \leq 3000$ км² поправочные коэффициенты следует вводить согласно данным (табл. 5), [1, с. 216]; K_p – модульный коэффициент, характеризующий отклонение расчетного значения h_{cp} при заданной ВП, зависит от параметров кривой распределения данных наблюдений: коэффициента вариации C_v и коэффициента асимметрии C_s слоя стока.

Таблица 5

Поправочные коэффициенты					
Средний слой стока, снятый с карты, мм	Поправочные коэффициенты k при $F \leq 3000 \text{ км}^2$				
	10	10-100	100-500	500-1000	1000-3000
Менее 100	3,5	2,3	1,6	1,6	1,0
От 100 до 150	2,5	1,6	1,4	1,2	1,0
От 150-300	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0

$$h_{cp} = \dots \text{ мм}$$

Коэффициент вариации или изменчивости C_v показывает степень отклонения ряда наблюдений от его среднего значения за многолетний период, а степень несимметричности в распределении данных характеризуется коэффициентом асимметрии C_s слоя стока. Значения h_{cp} ; C_s ; C_v являются тремя основными параметрами для характеристики закона распределения данных наблюдений и учета их в гидрологических расчетах. Коэффициент C_v определяется на основании карты изолиний [прил. 3; 1, с. 215] с учетом, что для бассейнов площадью $F \leq 200 \text{ км}^2$ его значения умножают на следующие коэффициенты:

Площадь бассейна, км^2 0-50 51-100 101-150 151-200

Коэффициент уменьшения 1,25 1,20 1,15 1,05

Значения модульных коэффициентов C_v , C_s определяются по графикам (рис. 2,а) [1, с. 216], в зависимости от следующих параметров:

- коэффициента вариации C_v (рассчитывается путем умножения взятого по карте изолиний C_{vh} , (прил.3) [1, с. 216] на 1,25);
расчетной вероятности превышения P ;

- коэффициента асимметрии C_s , значение которого для равнинных водосборов принимают $C_s = 2 \cdot C_v$, (рис. 2,а) для северо-запада и $C_s = 3 \cdot C_v$ (рис. 2,б) для северо-востока России.

Например. $C_{vh} = \dots 0,6$ (определяется по приложению 2);

$$C_v = 1,25 \cdot C_{vh} = \dots 0,75 \dots;$$

$$C_s = \dots 2 \dots \cdot C_v = 1,50; \quad K_p = \dots 4,8 \dots (\text{определяется по графику, рис.2});$$

δ_1 - коэффициент, учитывающий снижение расхода в зависимости от залесенности бассейна определяется по формуле (8):

$$\delta_1 = 1 - \gamma_{лб} \cdot F_{лб} / F, \quad (8)$$

где $F_{лб}$ - площадь части водосбора, занятой лесом или болотом (при отсутствии залесенности бассейна $\delta_1 = 1,0$),

$\gamma_{лб}$ - коэффициент снижения стока, назначаемый на основании опытных данных в зависимости от характера почвы и растительности: при густом лесу на суглинках $\gamma_{лб} = 0,06-0,15$; на супесчаных грунтах $\gamma_{лб} = 0,15-0,20$; на мерзлых грунтах $\gamma_{лб} = 0,02-0,04$; на болотах $\gamma_{лб} = 0,10-0,17$.

$$\delta_1 = \dots \dots;$$

δ_2 - коэффициент, учитывающий снижение расхода в зависимости от озерности и заболоченности бассейна [1, с. 213]. Для малых водосборов, особенно при учете озерности, коэффициент $\gamma_{лб}$ можно принимать равным 1, так как болота на малых бассейнах могут быть осушены, а лес на

незначительных площадях может быть вырублен.
 незначительных площадях может быть вырублен. Определяется по
 значению β , формула (9):
 $h_p = \dots 40 * 4,8 \dots = \dots 192 \dots \text{мм}$

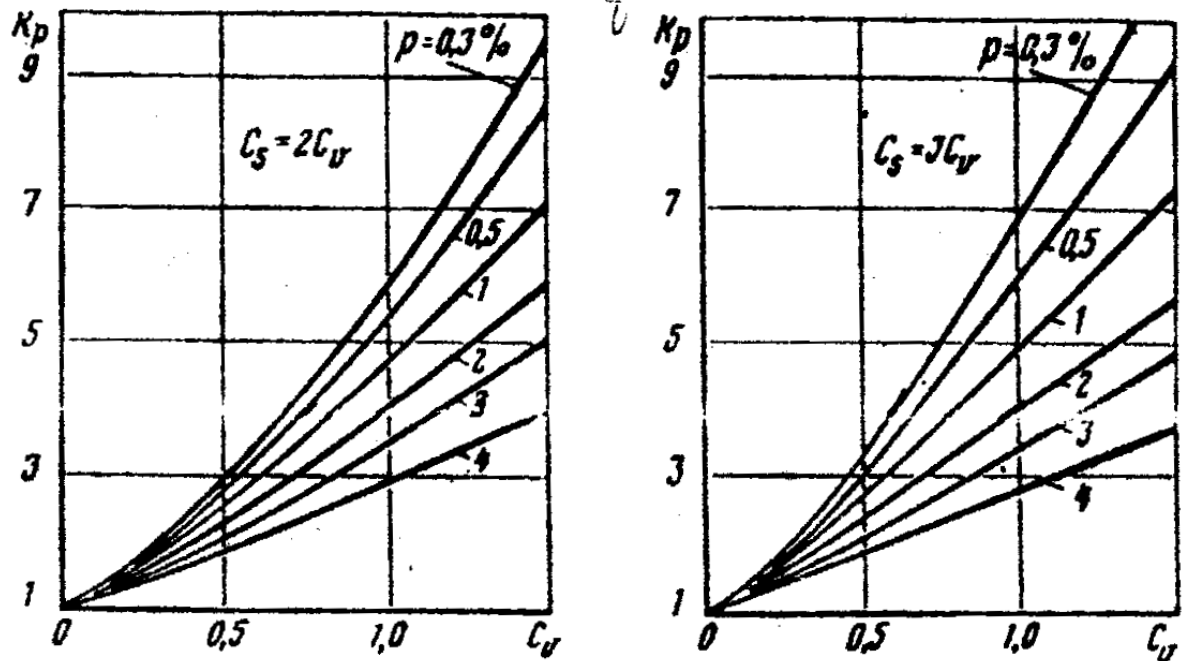


Рис.2. Кривые модульных коэффициентов слоев стока

$$\beta = 5 * \frac{\delta_a}{100} + 10 * \frac{\delta_b}{100} + 1; \quad (9)$$

Например: $\beta = 5 * 0/100 + 10 * 3/100 + 1 = 1,03$
 $\delta_2 = \dots 1,0 \dots$

Например: $Q_T = 0,02 * 1,92 \dots * \dots 0,24 * 0,9 * 1 = 0,786 \text{ м}^3/\text{с}$
 $(1 + 0,24)^{1/4}$

Максимальный расход талых вод составляет $Q_T = \dots 0,786 \dots \text{ м}^3/\text{с}$.

В качестве расчетного расхода принимается наибольший расход по максимальному расходу. В нашем примере наибольшим является расход ливневых вод $Q_{\text{л}} = \dots 11,3 \dots \text{ м}^3/\text{с}$, который принимается для дальнейших расчетов:

Например: $Q_{\text{расч}} = \dots 11,3 \dots \text{ м}^3/\text{с}$

2.1. Определение бытовой глубины

Мосты проектируют в следующих случаях:

- при пересечении периодически действующих водотоков с большими расходами воды, пропустить которые трубы не могут;
- при пересечении оросительных и осушительных каналов.

Протекание воды под малым мостом, подходы к которому стесняют водоток, может происходить по нескольким схемам: свободного и несвободного истечения. Отнесение потока к одной из

№ п/п	Тип водотока и поверхности русла	Коэффициент шероховатости, n
1	Русла чистые прямые	0,03
2	Русла прямые при наличии камней и растительности	0,035
3	Русла чистые извилистые	0,04
4	Русла извилистые при наличии камней и растительности	0,05
5	Сильно заросшие русла неправильной формы	0,07

указанных схем производят на основании сравнения **бытовой глубины** h_b , т.е. глубины нестесненного потока, с **полной критической глубиной** h_k , т.е. глубиной потока в подмостовом сечении. Поэтому при расчете отверстий мостов необходимо после определения величины расчетного расхода, установить бытовые условия потока - глубину и скорость течения воды по тальвегу.

Бытовую глубину обычно определяют последовательным подбором положения ГВВ, что является наиболее трудоемкой частью гидравлического расчета отверстия моста. Приводим упрощенный метод подбора бытовой глубины потока треугольного сечения (рис. 9). Если же русло имеет очертание трапеции или многоугольника, то предварительно следует изменить поперечное сечение, придав руслу очертание по треугольнику, стороны которого примерно совпадают с контуром заданного русла.

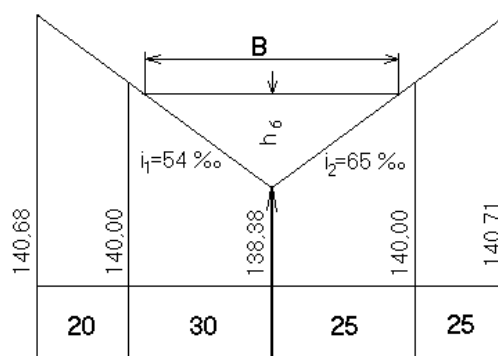


Рис.9. Поперечное сечение водотока

В рассматриваемом варианте трассы нет перехода через большой водоток, поэтому расчет отверстия малого моста проводим по условным данным.

При определении рабочей площади и отверстия моста по методу **морфологических характеристик** вначале определяют рабочую площадь под мостом (в м²) для пропуска расчетного расхода. По кривой расхода **графоаналитическим способом** определяется бытовая глубина потока h_6 (рис.10). Кривая расходов $Q = f(h)$ строится для поперечного сечения потока в створе малого моста. Её координаты получаются путём расчёта расходов для нескольких глубин потока (задаётся глубина воды в русле от $h = 0,2$ м до $h = 2,5$ м). Расход определяется по следующей формуле (23):

$$Q = \frac{R^{2/3} * w * i_{COOP}}{n}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (23)$$

где w - площадь живого сечения потока при глубине h , формула (24):

$$w = \frac{m_1 + m_2}{2} * h^2, \text{ м}^2 \quad (24)$$

X - смоченный периметр, формула (25)

$$X = h * (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2}), \text{ м} \quad (25)$$

R - гидравлический радиус, формула (26)

$$R = \frac{w}{X}, \text{ м} \quad (26)$$

Результаты расчёта кривой расходов заносятся (табл.15) .

Например:

Таблица 15

№	$h, \text{ м}$	$W, \text{ м}^2$	$X, \text{ м}$	$R, \text{ м}$	$Q, \text{ м}^3/\text{с}$
1	0,3	1,35	9,0	0,15	0,95
2	0,8	9,60	24,0	0,40	13,03
3	1,2	21,60	36,0	0,60	38,41
4	1,5	33,75	45,0	0,75	69,65
5	2,0	60,00	60,00	1,00	150,0

По полученным значениям строится кривая расходов и определяется бытовая глубина (рис. 10).

$h, \text{ м}$

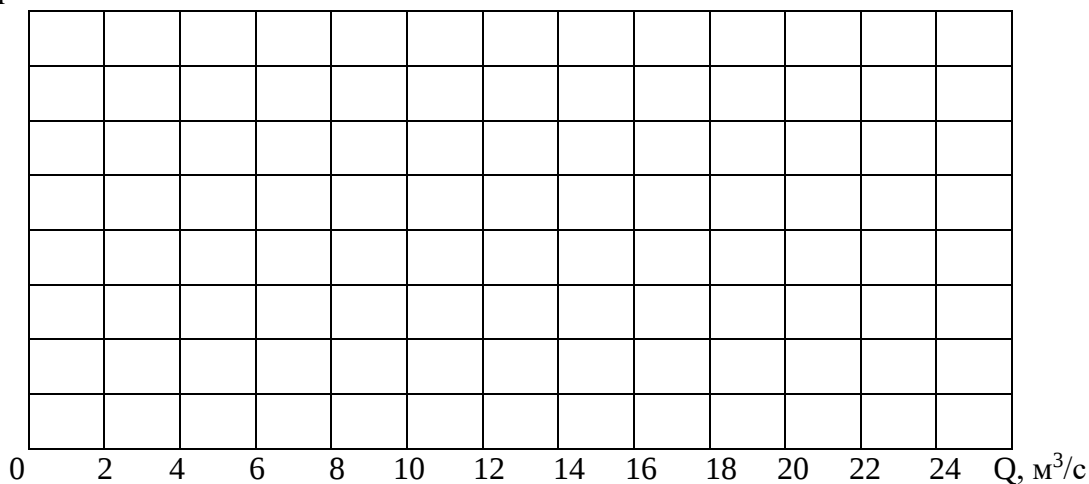


Рис.10. Кривая расходов

Например: Бытовая глубина $h_6 = \dots 1,13.. \text{ м}$.

2.2. Установление схемы протекания воды под мостом

Протекание воды под малым мостом происходит по схемам: *свободного* (рис.11,А) и *несвободного истечения* (рис. 11,Б) (незатопленного и затопленного водослива).

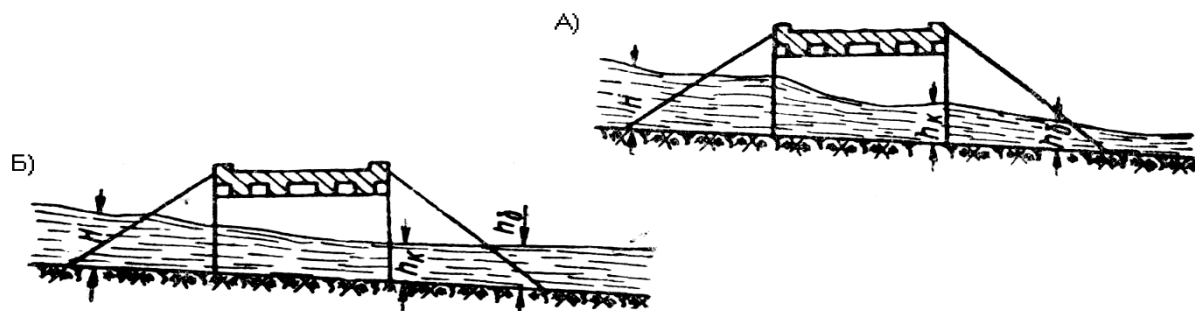


Рис. 11. Протекание воды под малым мостом:
А- свободное истечение; Б- несвободное истечение

Установим режим протекания потока под мостом. На основании сравнения бытовой глубины h_6 , т.е. глубины нестесненного потока с полной критической глубиной h_K , т.е. глубиной потока в под мостовом сечении, поток относят к одной из схем (рис. 11 А,Б).

Определим критическую глубину потока по формуле (27):

$$h_K = \frac{v_D}{g} = \frac{26.9}{9.8} = 2.76.м \quad (27)$$

Поток относят к одной из схем:

- при $1,3 * h_K \geq h_6$ - **свободное протекание**;
- при $1,3 * h_K < h_6$ - **несвободное протекание**.

Для прямоугольных и широких трапециидальных русел средняя критическая глубина $h_{г\ ch}$ и полная критическая глубина h_K совпадают или различаются на незначительную величину.

Например: $1,3 * h_K = \dots 3,6$

$h_6 = \dots 1,13$, следовательно – **свободное протекание**.

Проф. Ю.Н.Даденков определил допустимые средние (в сечении) скорости движения воды для разных грунтов и типов укреплений в зависимости от средних глубин потока (табл.16). При промежуточных глубинах водотока значения скоростей принимают по бытовой глубине (не интерполируют).

На постоянных водотоках с крутыми склонами русла, где невозможно применить каменную наброску, допускаемую скорость принимают без укрепления русла и повышения скорости против бытовой отверстие моста не рассчитывают, а мост проектируют перекрывающим все зеркало потока при

расчетном расходе: критическая глубина принимается при этом равной бытовой, т.е. $h_k = h_b$

Назначаем тип укрепления под мостового русла (табл.16).

Например: бетонные плиты и соответствующую ему допускаемую скорость течения воды $V_d = \dots 6 \dots \text{м/с}$

2.3. Расчёт отверстия моста

Отверстие моста определяется в зависимости от величины подпора перед мостом и схемы истечения воды под мостом.

Рассчитаем величину подпора H и отверстия моста B . Подпор H и отверстие моста B определяются в зависимости от режима протекания по следующим формулам (28,29):

при свободном протекании (рис.11, А) отверстие считается по свободной поверхности воды у сооружения.

$$H = 1,45 * h_k, \text{ м}; \quad (28)$$

$$B = \frac{Q_{расч}}{1,35 * H^{\frac{3}{2}}}, \text{ м}. \quad (29)$$

При трапециидальном сечении потока и опорах с конусами ширину потока по дну определяют по формуле (30):

$$b_1 = B - 2mh_k, \text{ м} \quad (30)$$

где m - коэффициент крутизны откоса (обычно = 1,5).

При несвободном истечении (рис.11,Б затопленный водослив) глубину потока под мостом, т.е. критическую глубину принимают равной бытовой, тогда

$$B = \frac{Q_{расч}}{h_b * v_d}, \text{ м}; \quad (31)$$

$$H = h_b + \frac{h_k}{2 * \varphi^2}, \text{ м} \quad (32)$$

где φ - коэффициент скорости (принимается $\varphi = 0,85$);

Ширина потока по дну (b ,м) при трапециидальном сечении определится по формуле (33):

$$b = B_{ср} - mh_b \quad (33)$$

Подставляя в соответствующие формулы значения, получаем

Например: $H = 1,45 * 3,67 = 5,32 \text{ м};$

$$B = 35 / 1,35 \sqrt{(5,32)^2} = 2,11 \text{ м}$$

Отверстие малого моста $B = 2,11 \text{ м.}$, подпор $H = 5,32 \text{ м.}$

Таблица 16

Допускаемые средние скорости в естественных руслах и
при укреплениях разных типов

Грунт или тип укрепления	Средняя глубина потока, м			
	0,40	1,0	2,0	3,0
	Допускаемые скорости, м/с			
Малоплотные глины и суглинки	0,35	0,40	0,46	0,50
Среднеплотные глины и суглинки	0,70	0,85	0,95	1,10
Плотные глины и суглинки	1,00	1,20	1,40	1,50
Очень плотные глины и суглинки	1,40	1,70	1,90	2,10
Лессовые грунты средней плотности (непросадочные)	0,60	0,70	0,80	0,85
Дерн плашмя на плотном основании	0,80	1,20	1,30	1,40
Дерн свежий в стенку	1,50	1,80	2,00	2,20
Свежие хворостяные покрытия и хворостяные крепления	1,80	2,20	2,50	2,70
Одиночная мостовая из булыжника размером около 20 см	2,2-2,5	3,0-3,5	3,5-4,0	3,8-4,3
Двойная мостовая из булыжника	3,1-3,6	3,7-4,3	4,3-5,0	4,6-5,4
Каменная наброска из булыжного или рваного камня	1,8-3,15	2,2-3,4	2,5-3,9	2,8-4,2
Кладка из кирпича на цементном растворе	1,6	2,0	2,3	2,5
Бутовая кладка из камня малой прочности на цементном растворе	2,9	3,5	4,0	4,4
Тоже из камня средней прочности	5,8	7,0	8,1	8,7
Кладка из клинкера на цементном растворе	7,1	8,5	9,8	11,0
Деревянные лотки	10,0	10,0	12,0	14,0
Бетон и железобетон с цементной штукатуркой при тщательном выполнении работ при марках бетона от 90 до 250	4,5-7,5	5,0-9,0	5,7-10,0	6,2-11,0

2.5. Определение минимальной высоты моста

Примем размер балок пролетного строения и назначим количество пролетов, исходя из условий, чтобы отверстие моста в свету было больше требуемого отверстия.

Минимальная высота моста определяется по формуле (34):

$$h_m = 0,88 * H + \Delta + h_{кон}, \text{ м} \quad (34)$$

где Δ - возвышение низа пролетного строения над уровнем воды ($\Delta = 0,5\text{м}$);

$h_{кон}$ – конструктивная высота (включает в себя высоту балки пролетного строения, выравнивающий слой, слой гидроизоляции, конструкцию дорожной одежды).

Конструктивная высота $h_{кон}$ принимается в зависимости от типа балки (табл. 18).

Например: Конструктивная высота $h_{кон} = 1,12 \text{ м}$.

Подставляя значение в формулу, получаем:

$$h_m = 0,88 * 5,32 + 0,5 + 1,12 = 6,94 \text{ м}.$$

Минимальная высота моста составляет $h_m = 6,94 \text{ м}$.

2.6. Варианты моста

Малые мосты могут быть нескольких вариантов:

Варианта 1. Мост с пролетным строением из сборных составных балок длиной по 7,5 м с каркасной арматурой на свайных опорах с обсыпными устоями (рис. 6, а).

Значение коэффициентов $e=0,90$ и $\varphi=0,90$.

Тогда отверстие моста определится по формуле (35):

$$B_{cp} = Q / e h_6 v_{дон}, \quad (35)$$

Глубина потока перед мостом определяется по формуле (36):

$$H = h_6 + 0,05 v_{дон}^2 / \varphi^2 \quad (36)$$

Поскольку мост с конусами, то сечение трапециидальное и при несвободном истечении отверстие считается равным средней линии трапеции. Глубина потока в сооружении $h_m = h_6$. Отверстие по дну при откосах конуса 1:1,5 будет ориентировочно равно по формуле (37):

$$b_1 = B_{cp} - m h_m, \quad (37)$$

Запас от низа пролетного строения до подпертого уровня воды $Z = 0,5 \text{ м}$. строительная высота моста принята по типовому проекту (прил.4).

Вариант 2. Мост с применением унифицированных сборных пролетных строений на свайных опорах по типовому проекту (прил. , рис. 1б) при скорости $v_{дон}$ и несвободном истечении размеры моста принимаются такие как в варианте 1.

Вариант 3. Мост с плитным пролетным строением на свайных опорах с заборными стенками по типовому проекту (прил. 4, рис. 1в).

Для перекрытия расчетного отверстия моста принимают типовое пролетное строение (табл.19). Если один расчетный типовой пролет l_p не перекрывает расчетное отверстие, принимают два или более пролета.

Отверстие будет определено по формулам (38,39) :

$$b_m = l_p \quad (38)$$

$$b_m = l_{p1} + l_{p2} \quad (39)$$

При этом длина моста поверху L_m должна быть не более 25м.

Если $L_m > 25$ м, следует принять более прочный тип укрепления русла с большими значениями $v_{доп}$ и H , но меньшим значением расчетного отверстия b .

Таблица 17

Основные размеры типовых пролетных строений мостов

Пролет в свету, м	Длина пролетного строения, м	Строительная высота, м	Высота балок, м	Длина пролетного строения, м	Высота балок, м		
					плитных	балочных	
	Балки с каркасной арматурой (вып. 56 доп., СДП)			Унифицированные сборные пролетные строения			
	7,50	8,66	0,86	0,70	6,00	0,30	—
	10,00	11,36	0,96	0,80			
	12,50	14,06	1,01	0,85	9,00	0,45	—
	15,00	16,76	1,16	1,00			
	20,00	22,16	1,40	1,25	12,00	0,60	0,90
	Балки с натяжением пучковой арматуры до бетонирования (вып. 122, СДП)			15,00	0,60	0,90	
					18,00	0,75	0,90
	10,00	11,36	1,01	0,85			
	12,50	14,06	1,01	0,85	24,00	—	1,20
	15,00	16,76	1,16	1,00			
	20,00	22,16	1,36	1,20	33,00	—	1,50
	Балки с предварительно напряженной арматурой (вып. 123, СДП)			42,00	—	2,10	
					Сборные плитные пролетные строения (5-04-145 Белгипродор)		
	12,50	14,06	1,15	1,00	3,00	0,30	—
	15,00	16,76	1,15	1,00			
	20,00	22,16	1,36	1,20			
	Балки без диафрагм с напряжением арматуры после бетонирования			6,00	0,45	—	
	15,00	16,76	1,10	0,95			
	20,00	22,16	1,40	1,25			

Таблица 18

Пролет балки в свету, м	11,4	14,4	17,4	20,4	23,4	32,0	35,0
Длина балки, м	12	15	18	21	24	33	38
Конструктивн ая высота, м	1,12	1,12	1,42	1,42	1,42	1,74	1,74

Таблица 19

Основные размеры типовых пролетных строений мостов

Серия типового проекта	Инвентар- ный номер	Наименование проекта	Длина пролетного строения $l_{пр}$, м	Расчетный пролет l_p , м	Строй- тельная высота $h_{кон}$, м
3.503—12	384/43	Унифицированные сборные пролетные строения из предва- рительно напряженного желе- зобетона (пустотные плиты, армированные стержневой ар- матурой)	6,0	5,60	0,42
			9,0	8,60	0,57
			12,0	11,40	0,72
			15,0	14,40	0,72
			18,0	17,40	0,87
3.503—14	710/2	Сборные железобетонные про- летные строения для автодо- рожных мостов	12,0	11,40	1,02
			15,0	14,40	1,02
			18,0	17,40	1,17
			11,36	10,76	1,02
			14,06	13,46	1,02
3.503—29		Сборные железобетонные плитные мосты	16,76	16,16	1,17
			6,0	5,68	0,42
			9,0	8,68	0,57

2.6. Определение длины моста

Длину моста в зависимости от его конструкции определяют по следующим формулам (40,41,42):

при устоях с обратными стенками (прил.4, рис. 1а)

$$L_m = B + 2mH_m + \sum d + 2p + 2q, \quad (40)$$

где L_m – длина моста, м; B – отверстие моста, м; m – коэффициент крутизны откоса конусов; H_m – высота моста, считая от дна или уровня межени, м; $\sum d$ – сумма ширин промежуточных опор, м; p – расстояние от передней грани устоя до основания конуса, принимаемое обычно равным не менее 0,1 м; q – расстояние от задней грани устоя до вершины откоса конуса, принимаемое равным не менее 0,15 м;

при обсыпных опорах (прил.4, рис.1,б) сечение под мостом трапециидальное и длина моста определяется:

а) при свободном истечении

$$L_m = B + 2m(H_m - h_m) + \sum d + 2q, \quad (41)$$

б) при несвободном истечении

$$L_m = B_{cp} + 2m(H_m - h_m/2) + \sum d + 2q, \quad (42)$$

где h_m – высота моста, м; q – расстояние от вершины конуса до начала моста, определяемое по проекту моста и равное 0,75-1,0 м.

Схема малого моста приведена (рис. 8).

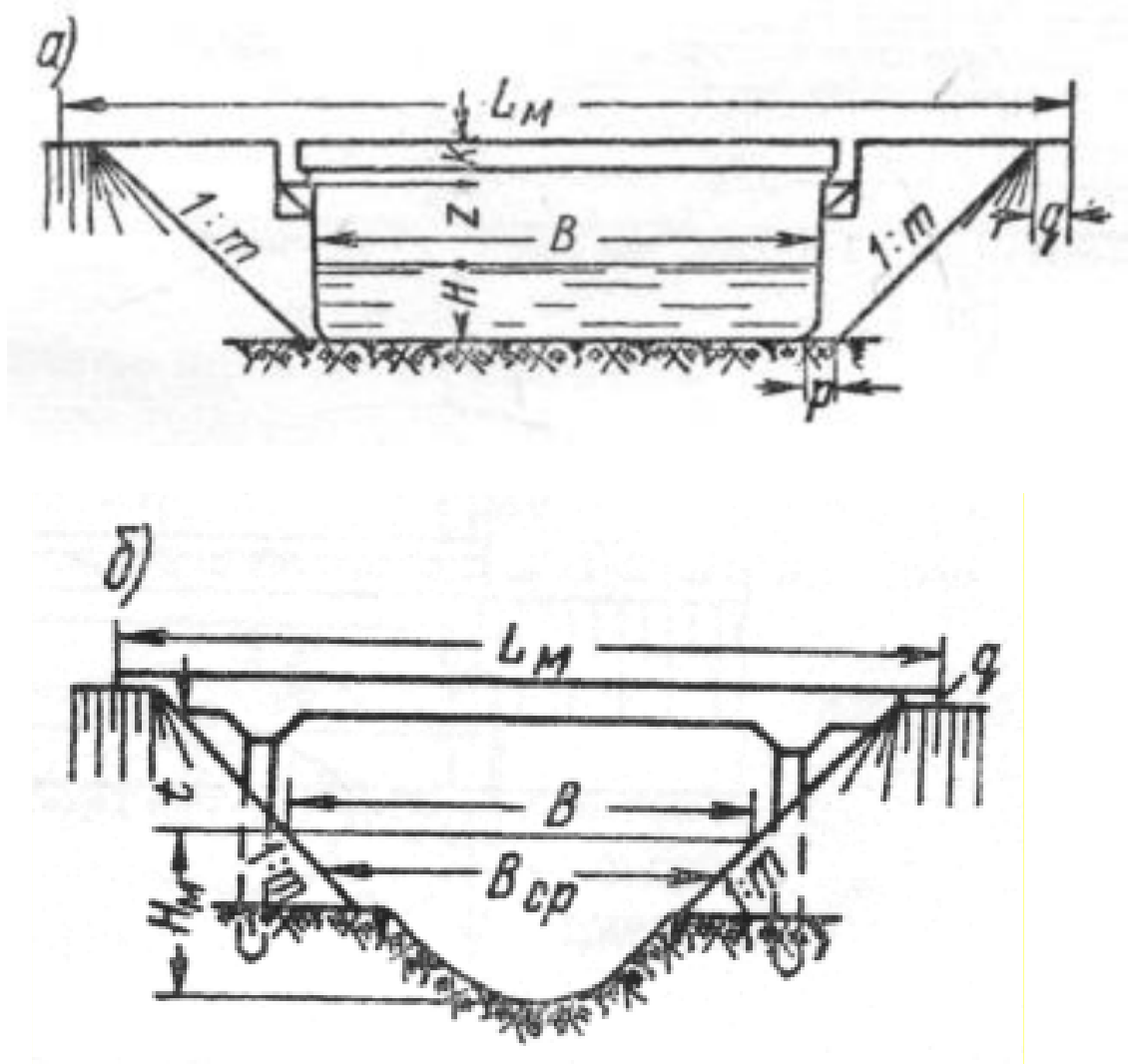


Рис.8. Схемы моста

План мостового перехода дан (рис. 9), укрепление мостового русла приведено (рис. 10).

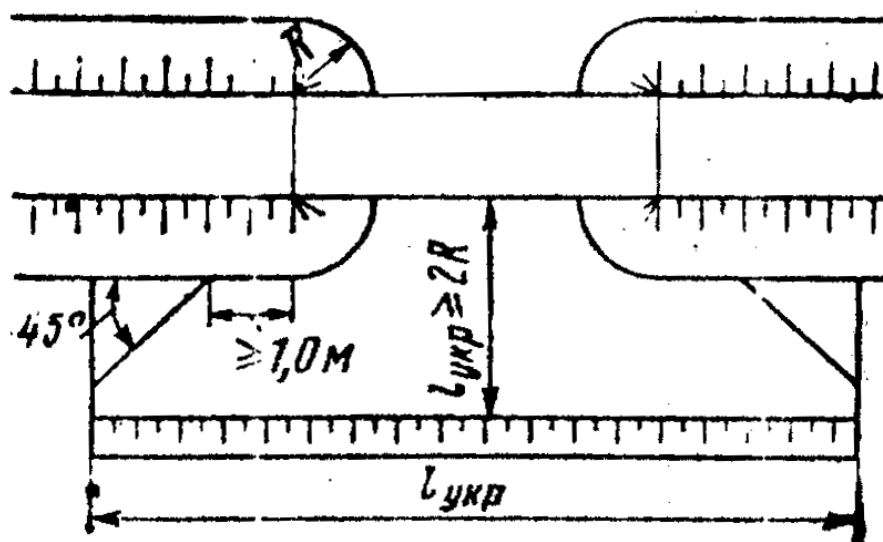


Рис. 9. План мостового перехода

2.7. Укрепление у моста

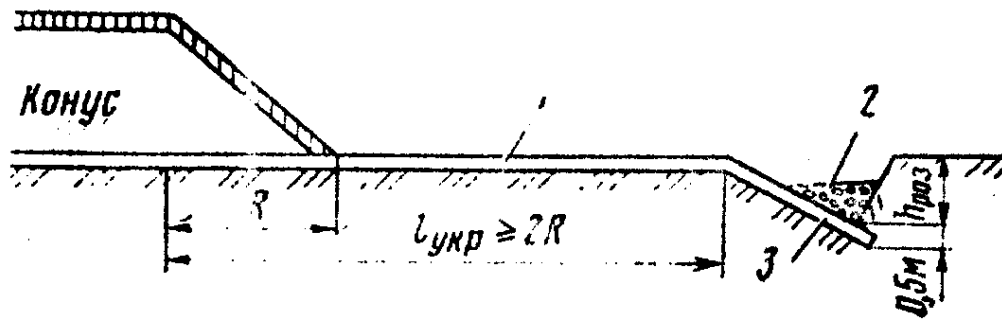


Рис. 10. Укрепление мостового русла

Определяем скорость потока за мостом по формуле (43):

$$V = 1.5 \times V_c \quad (43)$$

Например: $V = 1.5 \times 2,64 = 3,96 \text{ м/с}$

Определяем высоту насыпи у моста по продольному профилю

Например: $H^1_{\text{нас}} = 8,96 \text{ м}$. $H^2_{\text{нас}} = 5,0 \text{ м}$

Длину укрепления за мостом определяем по формуле (44):

$$l_{\text{укр}} = 2R = 2 \times 1,5 H_{\text{нас}} \quad (44)$$

где: R – радиус нижнего основания конуса

Например:

$$l^1_{\text{укр}} = 2 \times 1,5 \times 8,96 = 26,88 \text{ м}$$

$$l^2_{\text{укр}} = 2 \times 1,5 \times 5,0 = 15 \text{ м}$$

Относительная длина укрепления определяется по формуле (45):

$$A = \frac{l_{\text{укр}} \times \text{tga}}{b} \quad (45)$$

Например:

$$A = \frac{26,88 \times 1}{11,26} = 33$$

$$A = \frac{15 \times 1}{12,04} = 1,25$$

Определяем относительную глубину размыва по формуле (46):

$$n = \frac{h_{\text{разм}}}{H}$$

Например:

$$h_1 = 0,74 \quad h_2 = 0,95$$

Определяем глубину ковша размыва по формуле (47):

$$h_{\text{разм}} = n \times H \quad (47)$$

$$\text{Например: } h_p = 0,74 \times 1,04 = 0,77 \text{ м}$$

$$h_p = 0,74 \times 0,95 = 0,7 \text{ м}$$

Тип укрепления принимаем бетоном М-150 толщиной 12 см. Основные расчетные данные малого моста заносим таблицу.

Для других мостов, не рассчитываемых в курсовом проекте, величины B , H и тип укрепления принимаются такими же, как и для рассчитанного моста. Остальные величины для расчета моста принимаются конкретными для каждого из них и производится расчет длины всех мостов, имеющих на участке дороги

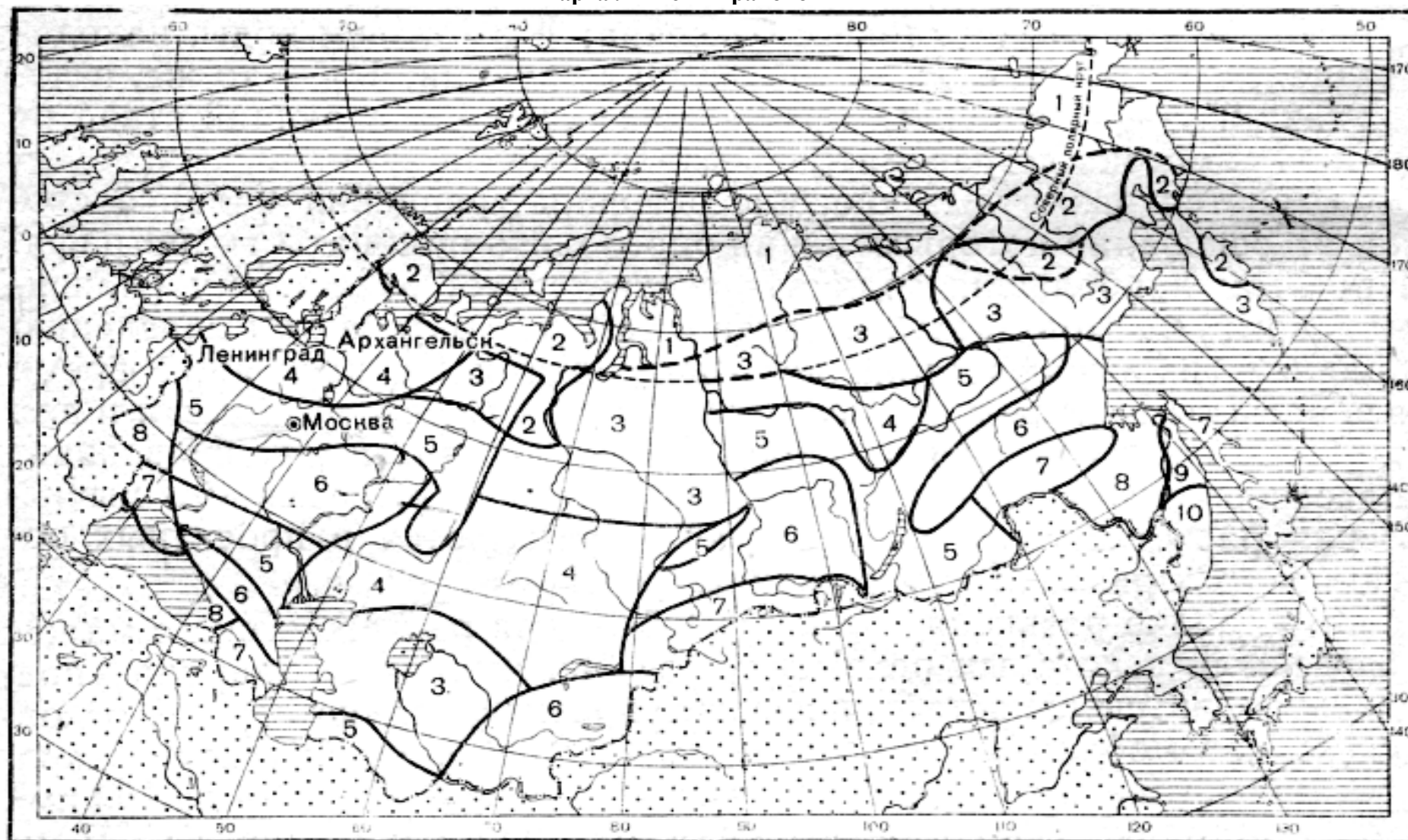
Сводные данные по вариантам малых водопропускных сооружений (трубы и моста) приведены (табл.20).

Таблица 20

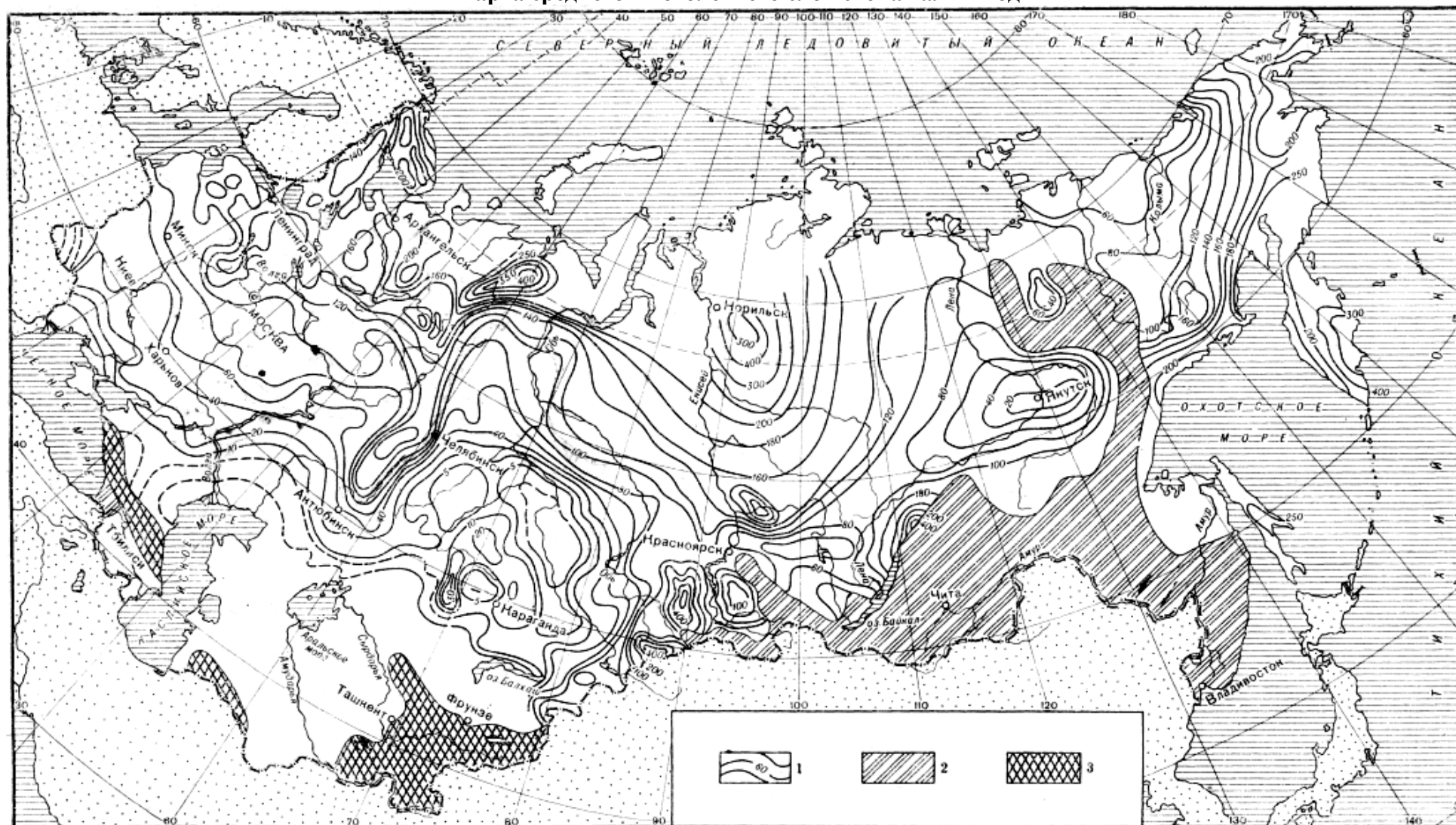
Ведомость расчетных искусственных сооружений

№	местоположение		ВП %	Расчет- ный расход воды, м/с	Глубина подпертой воды пе- ред соор., м	Гид- равли- ческий режим	Тип и отвер- стие со- оружен.	Длина моста или трубы	При- меча- ние
	ПК	+							
1	3	00	2	2,9	1,2	Безна- порный	Однооч- ковая круглая ж/б тру- ба $d =$ 1,5 м	25,33	с уче- том акку- муля- ции
2	12	40	1	15,88	1,04	Сво- бодное	Трех- пролет- ный мост $l =$ $=13,46$ м	42,28	
3	16	50	1	16,98	1,04	Сво- бодное	Двух- пролет- ный мост $l =$ 13,46 м	28,17	

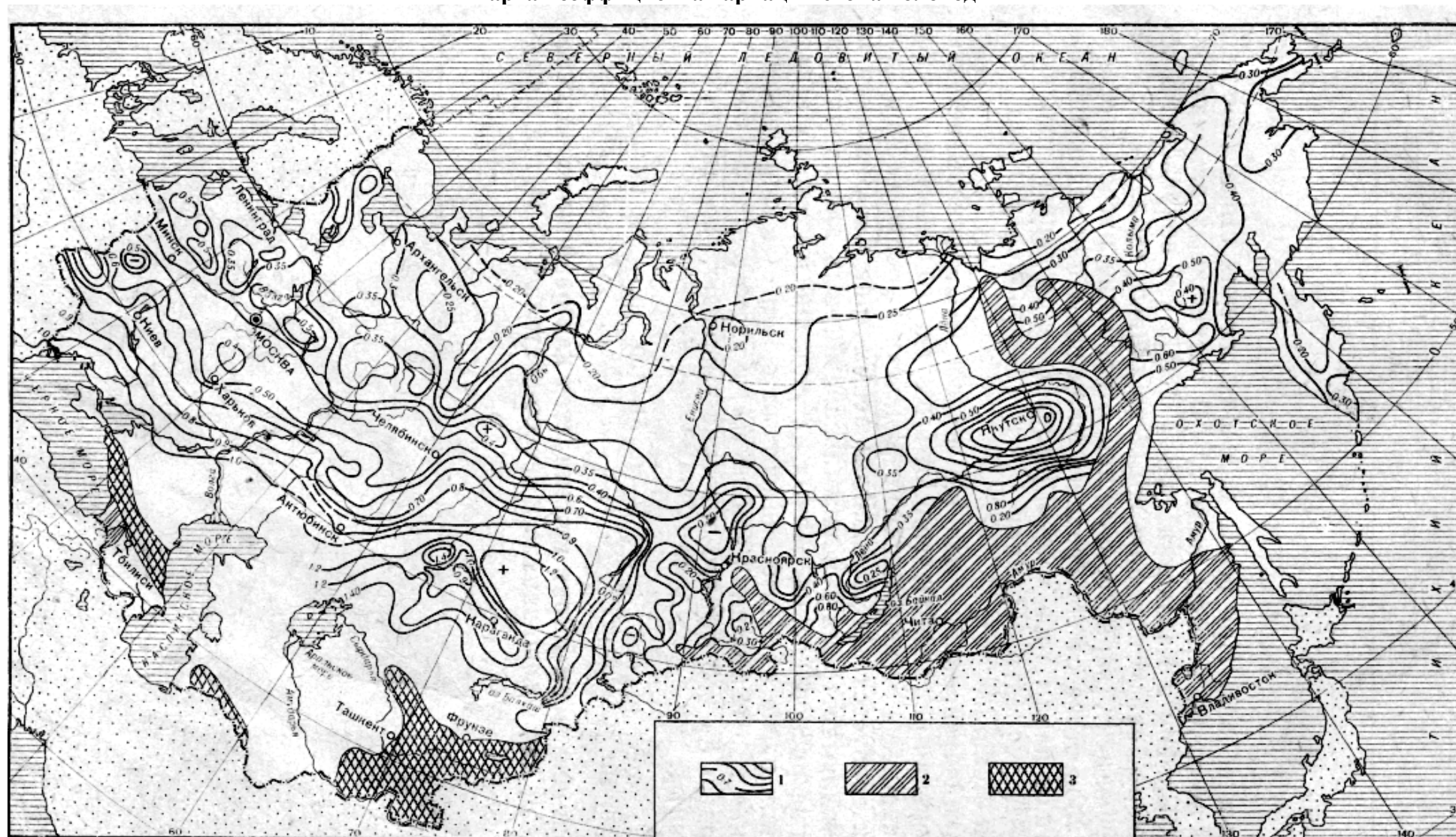
Карта ливневых районов



Карта среднего многолетнего слоя стока талых вод



Карта коэффициента вариации стока половодий



Приложение 4 (пример)

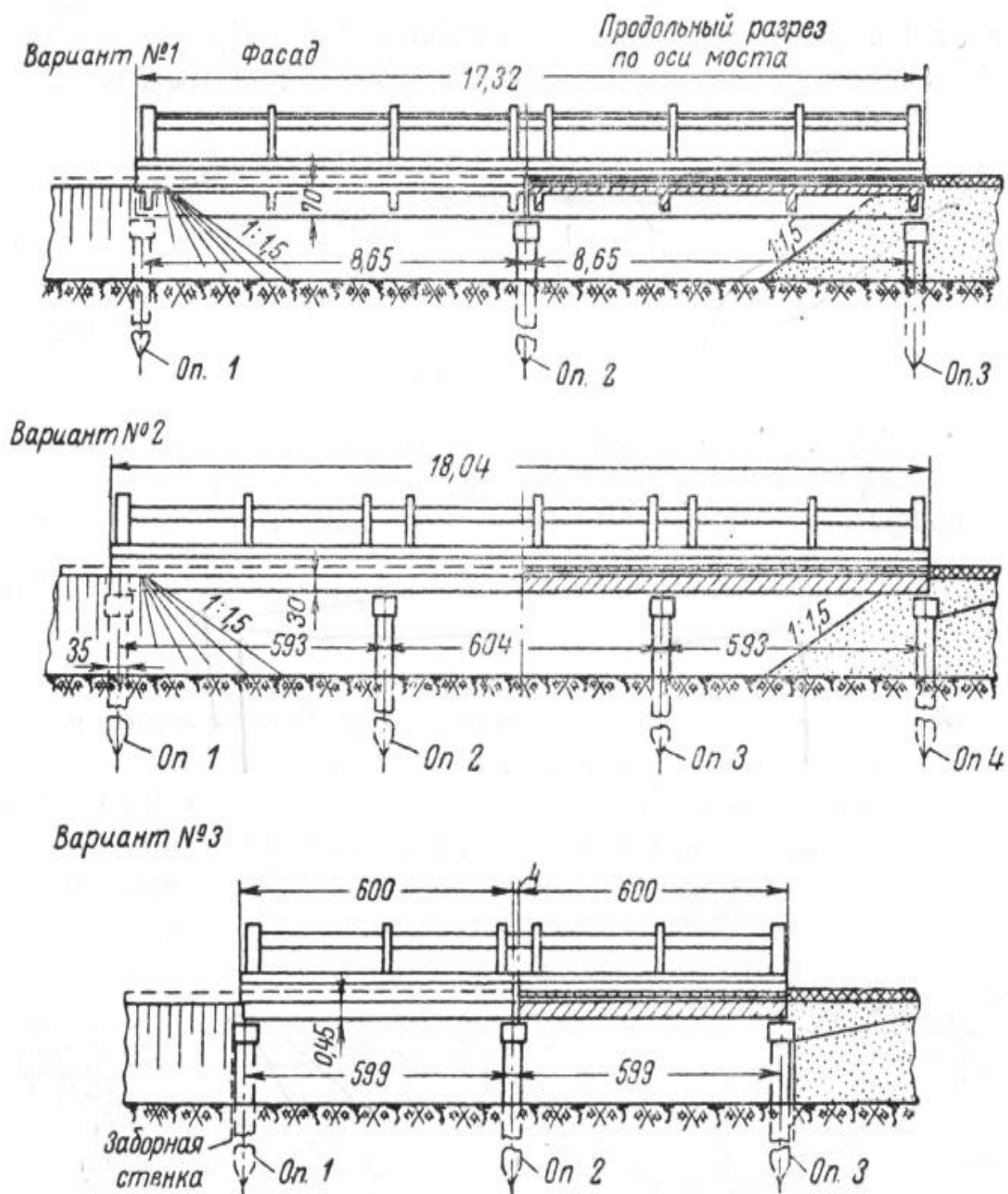


Рис.1. Варианты моста

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высоцкий, Л. И. Элементы водоотведения на автомобильных дорогах : учебное пособие / Л. И. Высоцкий, Ю. А. Изюмов, И. С. Высоцкий. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — 192с
2. Инженерные сооружения в транспортном строительстве. В 2-х кн. Кн 1:учебник для студ. высш. заведений/П.М. Саламахин, Л.В. Маковский, В.И.Попов и др.-М.: издательский центр «Академия», 2007.-352 с.
3. Инженерные сооружения в транспортном строительстве. В 2-х кн. Кн 2:учебник для студ. высш. заведений/П.М. Саламахин, Л.В. Маковский, В.И.Попов и др.-М.: издательский центр «Академия», 2007.-352 с.
4. Каптелин, С. Ю. Проектирование опор и расчет пролетного строения автодорожного моста : учебное пособие / С. Ю. Каптелин. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022 — 77 с.
5. Гречухин, В. А. Строительство мостов : учебное пособие / В. А. Гречухин. — Минск : БНТУ, 2017 — 96 с.
6. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги [Текст] : – Введ. 01.07.2013, приказ Минрегиона России № 226 – М.: Госстрой России. 2013
7. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог [Текст] : – Введ. 01.05.2006, приказ Фед. Агентства по техн. Регул. И метр. № 296-ст.– М.: Стандартиформ. 2006

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Определение бытовой глубины

Мосты проектируют в следующих случаях:

- при пересечении периодически действующих водотоков с большими расходами воды, пропустить которые трубы не могут;
- при пересечении оросительных и осушительных каналов.

В рассматриваемом варианте трассы нет перехода через большой водоток, поэтому расчет отверстия малого моста проводим по условным данным.

Таблица 8

№ п/п	Тип водотока и поверхности русла	Коэффициент шероховатости, n
1	Русла чистые прямые	0,03
2	Русла прямые при наличии камней и растительности	0,035
3	Русла чистые извилистые	0,04
4	Русла извилистые при наличии камней и растительности	0,05
5	Сильно заросшие русла неправильной формы	0,07

При определении рабочей площади и отверстия моста по методу морфологических характеристик вначале определяют рабочую площадь под мостом (в m^2) для пропуска расчетного расхода. По кривой расхода графоаналитическим способом определяется бытовая глубина потока h_b (рис.5). Кривая расходов $Q = f(h)$ строится для поперечного сечения потока в створе малого моста. Её координаты получаются путём расчёта расходов для нескольких глубин потока (задаётся глубина воды в русле от $h = 0,2$ м до $h = 2,5$ м). Расход определяется по следующей формуле (19):

$$Q = \frac{R^{2/3} * w * i_{COOP}}{n}, m^3/c \quad (19)$$

где w - площадь живого сечения потока при глубине h , определяется по формуле (20):

$$w = \frac{m_1 + m_2}{2} * h^2, m^2, \quad (20)$$

X - смоченный периметр, вычисляем по формуле (21):

$$X = h * (\sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2}), \text{ м} \quad (21)$$

R - гидравлический радиус, находится по формуле (22):

$$R = \frac{w}{X}, \text{ м}, \quad (22)$$

Результаты расчёта кривой расходов заносятся (табл.9) .

Таблица 9

Характеристики гидравлических расчетов

№	H	w	X	R	Q
1	0,2	0,644	6,48	0,1	0,44
2	0,8	10,30	25,92	0,39	12,84
3	1,5	36,23	48,60	0,74	62,58
4	1,75	49,0	56,22	0,87	92,39
S	2,0	64,40	64,80	0,99	128,81

По полученным значениям строится кривая расходов. Бытовая глубина определяется для расчётного расхода по построенной кривой (рис. 6). Бытовая глубина $h_b = 1,50$ м.

, м

Рис.6 Кривая расходов

Q,

м³/с

3.3. Установление схемы протекания воды под мостом

Протекание воды под малым мостом, подходы к которому стесняют водоток, может происходить по схемам: свободного и несвободного истечения (незатопленного и затопленного водослива). Установим режим протекания потока под мостом. На основании сравнения бытовой глубины h_b , т.е. глубины нестесненного потока с полной критической глубиной h_k , т.е. глубиной потока в подмостовом сечении.

Определим критическую глубину потока по формуле (23):

$$h_k = \frac{v_d}{g} = \frac{3,5}{9,81} = 1,24 \text{ м}$$

Поток относят к одной из схем:

- при $1,3 * h_K \geq h_6$ - свободное протекание;
- при $1,3 * h_K < h_6$ - несвободное протекание.

$1,3 * h_K = 1,62 \text{ м}$ $h_6 = 1,5 \text{ м}$, следовательно $1,62 \geq h_6 = 1,5 \text{ м}$
протекание свободное.

Проф. Ю.Н.Даденков определил допустимые средние (в сечении) скорости движения воды для разных грунтов и типов укрепений в зависимости от средних глубин потока (прил. 1). При промежуточных глубинах водотока значения скоростей принимают по бытовой глубине (не интерполируют).

Назначаем тип укрепления под мостового русла [прил. 1; 2, с. 63]
одинокую мостовую из булыжника 20 и соответствующую ему допускаемую скорость течения воды $V_d = 3,5 \text{ м/с}$ [прил. 1; 2, с. 63].

3.4. Расчёт отверстия моста

Отверстие моста определяется в зависимости от величины подпора перед мостом и схемы истечения воды под мостом.

Рассчитаем величину подпора H и отверстия моста B . Подпор H и отверстие моста B определяются в зависимости от режима протекания по следующим формулам (24,25, 26,27):

при свободном протекании отверстие считается по свободной поверхности воды у сооружения.

$$H = 1,45 * h_K, \text{ м}; \quad (24); \quad B = \frac{Q_{\text{дн}}}{1,35 * \sqrt{\frac{3}{2}}} = \frac{31,62}{1,35 * 2,35} = 9,97 \text{ м} \quad (25)$$

$$H = 1,45 * 1,62 = 2,4 \text{ м}$$

При трапециидальном сечении потока и опорах с конусами ширину потока по дну определяют по формуле (26):

$$b_1 = B - 2m h_K, \text{ м} \quad (26)$$

где m - коэффициент крутизны откоса (обычно = 1,5)

$$b_1 = 9,97 - 2 * 1,5 * 1,62 = 9,97 - 4,86 = 5,11 \text{ м}$$

Отверстие малого моста $B = 9,9 \text{ м}$, подпор $H = 2,4 \text{ м}$.

3.5. Определение минимальной высоты моста

Обычно на дорогах применяют малые мосты по типовым проектам. Поэтому полученная расчетом величина отверстия округляется до типового размера B_m . Основные размеры пролетных строений мостов принимают типовые (3, табл.5) Примем размер балок пролетного строения и назначим количество пролетов, исходя из условий, чтобы отверстие моста в свету было больше требуемого отверстия.

Минимальная высота моста определяется по формуле (29):

$$h_m = 0.88 * H + \Delta + h_{\text{кон}}, \text{ м (29)}$$

где Δ - возвышение низа пролетного строения над уровнем воды ($\Delta = 0,5\text{м}$); $h_{\text{кон}}$ – конструктивная высота (включает в себя высоту балки пролетного строения, выравнивающий слой, слой гидроизоляции, конструкцию дорожной одежды). Конструктивная высота $h_{\text{кон}}$ принимается в зависимости от типа балки (3, табл. 5).

Конструктивная высота $h_{\text{кон}} = 1,15 \text{ м}$.

Подставляя значение в формулу (29), получаем:

$$h_m = 0,88 * 2,4 + 0,5 + 1,12 = 3,73 \text{ м}.$$

Минимальная высота моста составляет $h_m = 3,73 \text{ м}$.

Разработанная схема малого моста вычерчивается (рис.7а,б).

3.6. Определение длины моста

Длину моста в зависимости от его конструкции определяют по следующим формулам (30, 31):

при устоях с обратными стенками (рис.7,а)

$$L_m = B + 2mH_m + \sum d + 2p + 2q, \text{ (30)}$$

где L_m – длина моста, м; B – отверстие моста, м; m – коэффициент крутизны откоса конусов; H_m – высота моста, считая от дна или уровня межеи, м; $\sum d$ – сумма ширин промежуточных опор, м; p – расстояние от передней грани устоя до основания конуса, принимаемое обычно равным не менее 0,1 м; q – расстояние от задней грани устоя до вершины откоса конуса, принимаемое равным не менее 0,15 м;

$$L_m = 12 + 2 * 1,5 * 3,73 + 2 * 0,2 + 2 * 0,15 = 23,89 \text{ м}$$

при обсыпных опорах (рис.7,б) сечение под мостом трапециидальное и длина моста

при свободном истечении

$$L_m = B + 2m(H_m - h_m) + \sum d + 2q, \text{ (31)}$$

$$L_m = 12 + 2 * 1,5(3,73 - 2,4) + 2 * 0,1 + 2 * 0,2 = 16,09 \text{ м}$$

Сводные данные по вариантам моста приведены (табл.10).

Таблица 10

Сводные данные по вариантам моста приведены

	Тип моста	Отверстие моста в свету, м	Длина балки, м	Высота моста, м	Подпор, м	Конструктивная высота, м
1	Обсыпные опоры	9.97	12	3,73	2,4	1,15
2	Устои с обратными	9.97	9	3,73	2,4	1,02

	стенка ми					
--	--------------	--	--	--	--	--

Вывод: Выбираем вторую схему моста при обсыпных опорах, при трапециидальном сечении под мостом. Длина пролетного строения 16,10 м.

Титульный лист

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)»**
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ МАДИ

Кафедра **Строительство дорог и инженерной экологии**

Дисциплина **Инженерные сооружения в транспортном строительстве**

КУРСОВАЯ РАБОТА

Тема: Малый мост
вариант

Выполнил студент:
факультета _____
курса _____ группы _____

Ф.И.О.

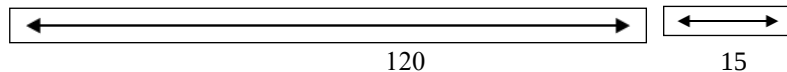
Руководитель

оценка _____

«_____» _____ 20__

Чебоксары, 202__

образец углового штампа
на листах
ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ



ИС в ТС. КР -24	Лист
	№ п/п

5

10

Образец углового штампа на 1-м листе содержания пояснительной записки

Должность	Ф.И.О.	Подпись	Дата	ИС в ТС.			
Зав. каф							
Н.Контроль							
Консультант							
Консультант				Основы проектирования автомобильных дорог, вариант ____	Стадия	Лист	Листов
					у		
Разработал				Наименование главы	Волжский филиал МАДИ Направление 08.03.01 Группа-____		
Проверил							
Утвердил							

