ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ «ТРАНССТРОЙ»

ПОСОБИЕ К СНИП 2.05.03—84 «МОСТЫ И ТРУБЫ» ПО ИЗЫСКАНИЯМ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ И АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ (ПМП—91)

МОСКВА 1992

оригинал на пленке

Глава 10. РАСЧЕТЫ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ ОТВЕРСТИЙ МОСТОВ

10.1. Размещение и назначение отверстий мостов

1. Величина и местоположение отверстия моста должны обеспечивать минимум строительных и эксплуатационных затрат на мостовой переход с учетом хозяйственных интересов землепользователей и заинтересованных организаций и охраны природной среды. При этом необходимо учитывать: морфологические и ситуационные условия в районе перехода; распределение расчетных расходов воды в русле, протоках, на поймах; тип, интенсивность и направленность руслового процесса; геологическое строение долины в створе перехода; использование реки для хозяйственных нужд и пр.

2. На реках с выраженным руслом назначают, как правило, одно водопропускное отверстие. При концентрации расчетного расхода воды в двух и более местах живого сечения по створу перехода (наличие проток и рукавов) рассматривают вариант устройства группы водопропускных отверстий или пропуск всего расхода в одно отверстие (через главное русло).

3. При наличии вечномерзлых грунтов, селевого стока, лессовых грунтов и возможности образования наледи пропуск вод нескольких водотоков через одно сооружение нормами не допускается.

В перечисленных сложных геологических и климатических условиях нарушение гидрографической сети может вызвать неблагоприятные последствия на работу мостового перехода.

Не рекомендуется отвод в русло протока шириной свыше 40—50 м. Следует избегать устройства отверстий в косорасположенной (к бортам долины рек) вверх по течению пойменной насыпи. На таких мостах возможны недопустимые размывы из-за большого перепада уровней с верховой и низовой сторон насыпи.

4. На малых водотоках на пойме, когда отвод их в русло затруднителен, а также для выпуска оставшейся после паводка воды из пониженных участков поймы желательно предусматривать мост с закрепленным руслом или трубу. Эти сооружения следует рассчитывать на скорости протекания, соответствующие перепаду уровней у насыпи в расчетный паводок. Необходимо иметь в виду, что варианты водопропускных сооружений с шандорными устройствами или водоразделительной дамбой обладают малой эксплуатационной надежностью.

5. Отверстие моста через меандрирующие русла желательно развивать в сторону выпуклого берега, чтобы фиксировать естественные плановые перемещения русла. При этом надо выбирать створ с более мощной поймой со стороны выпуклого берега.

6. Отверстие моста должно удовлетворять таким условиям:

а) «Не должно быть менее ширины устойчивого русла» (п. 1.28 СНиП 2.05.03—84), под которой следует понимать наибольшую ширину русла в районе перехода. Она определяется

аналогично наибольшей ширины побочневого русла $B_{бр\,max}$ (см. п. 9.3). При русловой многорукавности ширину устойчивого русла, которая меньше русловой зоны (см. п. 11.4), определяют по формуле (11.20).

Указанное требование норм предназначается для подавляющего большинства мостовых переходов, для которых априори стеснение русла в его бровках без специальных мероприятий вызывает технологические трудности по возведению устоя конуса.

Для некоторых регионов, например, с суровыми климатическими условиями, когда предполагаются специальные обоснованные расчетом мероприятия, позволяющие без дополнительных трудностей возводить береговые сооружения моста, и решается задача фундирования опор с учетом специфики мерзлотно-грунтовых условий, отверстие моста менее ширины устойчивого русла не является нарушением норм.

б) Коэффициент общего размыва $P=\frac{H_{мпр}}{H_{мдр}}$, где $H_{мпр}$, $H_{мдр}$—средняя глубина потока под мостом при расчетном уровне соответственно до и после размыва (с учетом срезки), согласно п. 1.31 СНиП 2.05.03—84 «как правило, следует принимать не более 2», (Требования принимать коэффициент P «не более 1,75» в готовящихся «Изменениях СНиП 2.05.03—84» изъяты).

в) средняя скорость потока $v_{рс}$ в русле под мостом через судоходную реку при расчетном судоходном горизонте (РСУ) не должна превышать той же скорости в естественных условиях $v_{рб}$ на k%, где $k=20$% при $v_{рб}\leqslant 2$ м/с и $k=10$% при $v_{рб}\leqslant 2{,}4$ м/с (при 2 м/с$<v_{рб}<$2,4 м/с k определяют линейной интерполяцией).

Скорость потока $v_{рс}$ определяют для судоходного уровня при проходе расчетного паводка в первый год после постройки перехода, а если размывы под мостом рассчитывают без учета фактора времени, то в качестве $v_{рс}$ принимают скорость потока в русле для условий осуществления 75% полного размыва при снеговом и не менее 50% при ливневом паводках, максимальные расходы которых соответствуют расчетному судоходному уровню.

7. При соблюдении условий, указанных в п. 6, а также требований землепользователей отверстие моста желательно принимать при всех типах руслового процесса (кроме русловой многорукавности) не более ширины уширенного русла $B_{р.уш}$ (см. п. 14.1)

$$L_м\leqslant B_р(Q/Q_{рб})^x, \qquad (10.1)$$

где $B_р$—ширина бытового русла; Q, $Q_{рб}$—расходы воды, проходящие в речной долине и в русле; x—показатель степени, принимаемый равным 0,5 для несвязных и 0,6—для связных грунтов

Отверстие моста через реки с русловой многорукавностью блуждающего типа (см. п. 9.7) рекомендуется принимать примерно равным ширине зоны блуждания $L_м\approx B_{зон}$, так как значительное их стеснение приводит, как правило, к увеличению строительных и эксплуатационных затрат.

В гидравлических расчетах в качестве ширины русла $B_р$ принимают расстояние между ее бровками (участками сопряжения с поймами) независимо от наличия растительности на береговых откосах.

10.2. Габариты подмостовых пролетов

1. Схему моста выбирают на основе технико-экономических расчетов с учетом унификации мостовых конструкций, соблюдения требований судоходства и лесосплава, обеспечения беззаторного пропуска ледохода и карчехода.

Если длина пролетов мостов удовлетворяет неравенству $l > (5 \div 6) b/\cos\alpha$, где b—ширина опоры, α—угол отклонения створа перехода от нормали к направлению течения, то в этом случае опоры и отжим струй от их боковых граней не учитывают при определении ширины потока под мостом.

При косине потока $\alpha \geqslant 30°$ минимальную длину пролетов и отверстие моста в целом желательно определять на основании моделирования.

2. На судоходных и сплавных реках разбивку отверстия моста на пролеты и назначение подмостовых габаритов производят в соответствии с ГОСТ 26775—85 [6].

Судоходные пролеты мостов располагают с учетом возможности изменения судовых ходов при переформировании русла в ходе естественного руслового процесса, а также с учетом траекторий движечий судов и плотовых составов.

Если направление судовых ходов в течение навигационного периода меняется, то при размещении судоходных пролетов предпочтение отдают судовым ходам при наибольшей интенсивности судоходства.

3. Минимальную длину пролета для беззаторного пропуска ледохода следует назначать:

при вертикальном или слабо наклонном ($\beta > 70°$) режущем ребре опоры (формула К. Н. Коржавина)

$$l_{min} \geqslant b \cdot k_п \frac{R_z}{\varrho v_л^2} \cdot \frac{L_л}{B_л}; \qquad (10\,2)$$

при наклонном режущем ребре опоры (формула П. Г. Петрова)

$$l_{min} \geqslant 0{,}5 \frac{R_m h_л k_п}{\varrho v_л^2 \left(1 + 0{,}01 \frac{l_{min}}{h_л}\right)} \operatorname{tg}(\beta + 8°), \qquad (10.3)$$

где b—ширина опоры на расчетном уровне ледохода; $v_л$—скорость движения ледяного поля, определяемая в соответствии с рекомендациями гл 12, R_z—удельное расчетное давление льда на опору, принимаемое по табл 10 1, R_m—предел прочности льда на изгиб при наивысшем уровне ледохода, принимаемый согласно рекомендации СНиП 2 05 03—84 равным $R_m = 31{,}5 \cdot 10^4$ Па (31,5 тс/м^2); k —климатический коэффициент, принимаемый в зависимости от региона положения линии (табл 10 2), $h_л$—толщина льда при ледоходе (см п 7 11), ϱ—плотность воды ($\varrho = 1000$ кг/м^3), $B_л$—ширина реки при расчетном уровне ледохода; $L_л$—средний поперечный размер льдин; при отсутствии натурных данных можно принимать $L_л \approx 0{,}1 \cdot Вл$

Таблица 101

Форма режущей грани опоры в плане	Коэффициент формы опоры при карчеходе $/_ф$	Значение удельного расчетного давления льда на опору R_z, 10^4 Па, при скоростях движения льдин в м с		
		10	20	30
Прямоугольная	1,2	45	30	23
Полуциркульная	0,86	41	27	21
Треугольная при угле заострения				
120°	1,0	36	24	19
90°	»	33	22	17
75°	»	31	20	16
60°	»	29	19	15
45°	»	27	18	14

Таблица 102

Номер района	Границы районов	Климатический коэффициент $k_п$
I	Южнее линии Выборг—Смоленск—Камышин—Актюбинск—Балхаш	1,0
II	Южнее линии Архангельск—Киров—Уфа—Кустанай Караганда—Усть-Каменогорск	1,25
III	Южнее линии Воркута—Ханты-Мансийск—Красноярск—Улан Удэ—Николаевск-на-Амуре	1,75
IV	Севернее III района	2,0

Примечания 1 Для II—IV районов южной границей является северная граница предыдущего района

2 Для рек, вскрывающихся при отрицательной температуре, климатический коэффициент следует принимать не менее 2

При расчетах по формулам (10 2)—(10 3) должно быть обеспечено условие $l_{min} \leqslant B_л$.

4 При наледных явлениях и карчеходе пролетные строения должны назначать такие, при которых опоры не попадают в русло или расстояние в свету между опорами не менее 15 м.

При карчеходе минимальную длину пролета можно определять [16]

$$l_{min} \geqslant 0{,}8 k_ф l_д N^{1/3} \left(\frac{g l_д}{v^2} \right)^{0,1}, \qquad (10\,4)$$

где v—скорость начала движения карчей в русле (можно принимать при уровне вероятностью превышения 50—30%), $k_ф$—коэффициент формы опоры (см табл 10 1), $l_д$—средняя длина карчей, $N = \frac{W_з}{n_{пр} W_к}$—ожидаемое число карчей, приходящихся на один пролет, $W_з$, $W_к$—объемы залома и средний карча, $n_{пр}$—число пролетов

Для защиты от снегозаносимости отверстие моста должно быть не менее 12 м и при этом низ пролетных строений приподнят над уровнем межени (уровнем ледостава) более чем на 3,5 м.

В этом случае снег выдувается из-под мостового сечения и при прочих равных условиях происходит понижение температуры вечномерзлых грунтов.

5. Возвышение низа пролетных строений и подферменных площадок над уровнями воды и ледохода в несудоходных и несплавных пролетах устанавливают в зависимости от местных условий, но не менее величин, указанных в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Элементы больших и средних мостов	Наименьшее возвышение элементов, м			
	над уровнем воды (с учетом подпора и волны) на пике паводков			над наивысшим уровнем ледохода
	расчетных		наибольших	
	на железных дорогах общей сети	на остальных железных дорогах и на всех автодорогах		
Низ пролетных строений:				
при отсутствии каких-либо неблагоприятных явлений	0,75	0,50	0,25	0,75
при наличии на реке заторов льда	1,0	0,75	0,75	1,0
при наличии карчехода	1,5	1,0	1,0	—
при наледных явлениях	1,25	1,0	0,75	1,25
при селевых потоках	—	1,0	1,0	—
Верх площадки для установки опорных частей:				
при отсутствии каких-либо неблагоприятных явлений	0,25	0,25	—	0,50
при наличии карчехода или наледных явлений	0,75	0,75	—	1,0
Низ пят арок и сводов:				
при отсутствии каких-либо неблагоприятных явлений	0,25	—	—	0,25
при наличии карчехода или наледных явлений	0,75	—	—	0,75
Низ продольных схваток и выступающих элементов конструкций в пролетах деревянных мостов:				
при отсутствии каких-либо неблагоприятных явлений	0,25	0,25	—	0,75
при наличии карчехода или наледных явлений	0,50	0,50	—	1,25

При пользовании табл. 10.3 следует иметь в виду:

под уровнем расчетных и наибольших паводков понимают соответствующий вероятности превышения уровень, вызванный подпором от нижележащей реки, нагоном воды ветром, образованием заторов или прохождением паводков по руслам, покрытым льдом, и др;

возвышение верха площадки для установки опорных частей определяют с учетом набега δ потока на опору моста, который в зависимости от скорости набегающего потока v на опору приближенно можно принимать по данным Б. Ф. Перевозникова:

v, м/с	0,5	1	2	3	4	5
δ, м	0,2	0,4	0,9	1,4	1,9	2,5

В несудоходных и несплавных зонах водохранилищ возвышение низа пролетных строений отсчитывают от наибольшего для водохранилища статического уровня (т. е. уровня свободной поверхности, который усганавливается на рассматриваемом участке водоема после окончания волнения) и принимают не менее 0,75 высоты расчетной ветровой волны с увеличением на 0,25 м.

10.3 Основные характеристики грунтов и наносов

1. При расчетах русловых деформаций грунты подразделяются на связные и несвязные и талые и оттаявшие.

К несвязным грунтам относятся крупнообломочные (валунный, галечниковый, гравийный) и песчаные грунты, не обладающие свойством пластичности (раскатывания).

К связным относятся:

глинистые, суглинистые и супесчаные грунты с числом пластичности более 0,01 (разница влажностей грунта в долях единицы на границе текучести и раскатывания);

глинистые и песчаные грунты при степени заторфованности (содержании растительных остатков) более 10%;

пылеватые пески, содержащие более 20% по массе пылеватых частиц (частиц мельче 0,1 мм).

В расчетах к оттаявшим относят только связные грунты, в которых после промерзания нарушаются структурные связи. Все несвязные грунты, при оттаивании практически не меняющие своих физико-механических свойств, относят к талым.

Далее, если не оговаривается, то речь идет о талых грунтах.

2. При расчетах размывов основной (интегральной) характеристикой несвязного грунта является средний диаметр частиц d, определяемый его механическим анализом по формуле:

$$d=\sum_{i=1}^{n} d_i k_i, \qquad (10.5)$$

где d_i—средний диаметр частиц i-ой фракции, определяемый как полусумма диаметров круглых штампованных сит, на которых отсеяна данная фракция (если используются плетеные сита с квадратными отверстиями, то определенный по полусумме размеров отверстий диаметр d_i должен быть увеличен на 27%), k_i—содержание (в долях единицы) по массе в грунте i-ой фракции; n—число фракций

Если несвязный грунт содержит частицы мельче 0,1 мм, то к расчету принимают средний диаметр частиц грунта крупнее 0,1 мм

$$d=\sum_{i=1}^{n-1} d_i k_i/(1-k_{\text{п}}), \qquad (10.6)$$

где $k_{\text{п}}$—содержание (в долях единицы) по массе в грунте частиц мельче 0,1 мм.

Анализ гранулометрических проб грунта проводят без растительных остатков.

3. В расчетах несвязный грунт считается однородным при соблюдении одного из (достаточных) условий:

а) $D_{\max}/d=\varphi$, где $\varphi\leqslant 2$ при общем и $\varphi\leqslant 3$ при местных размывах;

б) средняя скорость потока больше не размывающей для частиц диаметром $D_{\max}$ и к расчетному створу беспрепятственно поступают донные наносы.

В качестве $D_{\max}$ принимают средний диаметр крупных по размеру частиц, которые составляют 2% массы грунта, или самую крупную (по размеру) фракцию, если она составляет 2 и более процента массы грунта.

Когда самая крупная по размеру частиц фракция составляет менее 2% массы грунта, средний диаметр крупных частиц определяют как

$$Д_{\max}=\frac{1}{0,02}\sum^{k=0,02}(k_i d)=\frac{1}{0,02}(k_1 d_1+k_2 d_2+\ldots+$$
$$+(0,02-k_1 k_2)-\ldots-k_{\text{п}})d_{\text{п}}),$$

где k_1—содержание по массе в грунте самой крупной фракции со средним диаметром частиц d_1; k_2, $k_{\text{п}}$—содержание по массе следующих по крупности (после d_1) фракций со средним диаметром частиц d_2 и $d_{\text{п}}$.

При несоблюдении указанных условий следует учитывать неоднородность несвязного грунта, которая приводит в большинстве случаев к уменьшению глубин размывов.

4. При расчете размывов основной характеристикой связного грунта является расчетное удельное сцепление $C_{\text{р}}$ определяемое по формуле

$$C_{\text{р}}=C_{\text{н}}/\gamma_g, \qquad (10.7)$$

где $C_{\text{н}}$—нормативное удельное сцепление, определяемое на основании стандартных методов испытаний согласно ГОСТ 20522—75 в состоянии капиллярного водонасыщения при полной влагоемкости; γ_g—коэффициент надежности по грунту, учитывающий вероятность отклонения величины сил сцепления от нормативного значения и определяемый по ГОСТу с учетом доверительной вероятности 0,90 [82], при отсутствии данных испытаний образцов грунта можно приближенно принимать максимальное значение $\gamma_g=2$

При отсутствии данных инженерно-геологических исследований допускается определять нормативное удельное сцепление глинистых грунтов по табл. 10.4 [82], где $I_l=\frac{W-W_{\text{р}}}{W_l-W_{\text{р}}}$, W_l, $W_{\text{р}}$, W—

влажность грунта (в долях единицы) соответственно на границах текучести и раскатывания и природная. При значениях коэффициента пористости e, выходящих за рамки таблицы, пользоваться ею не рекомендуется. При отсутствии данных инженерно-геологических исследований $C_н$ заторфованных грунтов допускается определять по табл. 10.5 в зависимости от вида торфа и содержания растительных остатков в грунте.

Таблица 10.4

Наименование грунтов и пределы нормативных значений их показателя текучести I_l		Нормативное удельное сцепление $C_н$, 10^5 Па (10^5 Па=1 кгс/см^2), при коэффициенте пористости, e						
		0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leqslant I_l \leqslant 0{,}25$	0,21	0,17	0,15	0,13	—	—	—
	$0{,}25 < I_l \leqslant 0{,}75$	0,19	0,15	0,13	0,11	0,09	—	—
Суглинки	$0 < I_l \leqslant 0{,}25$	0,47	0,37	0,31	0,25	0,22	0,19	—
	$0{,}25 < I_l \leqslant 0{,}5$	0,39	0,34	0,28	0,23	0,18	0,15	—
	$0{,}5 < I_l \leqslant 0{,}75$	—	—	0,25	0,20	0,16	0,14	0,12
Глины	$0 < I_l \leqslant 0{,}25$	—	0,81	0,68	0,54	0,47	0,41	0,36
	$0{,}25 < I_l \leqslant 0{,}5$	—	—	0,57	0,50	0,43	0,37	0,32
	$0{,}5 < I_l \leqslant 0{,}75$	—	—	0,45	0,41	0,36	0,33	0,29

Таблица 10.5

Характеристика заторфованного грунта		Нормативное удельное сцепление $C_н$, 10^5 Па
Содержание растительных остатков в грунте, %	Вид торфа	
Более 60	Древесный	0,01
	Хвощевой	0,05
40—60 (сильнозаторфованный)	Осоковогипновый	0,05
	Сфагновый	0,08
25—40 (среднезаторфованный)	Осоковогипновый	0,15
	Сфагновый	0,20

5. Если в полевых условиях получено нормативное сцепление оттаявшего грунта $C_{н(от)}$, то для перехода к соответствующему значению талого грунта можно пользоваться формулой

$$C_н = k_p C_{н(от)}, \qquad (10.8)$$

где коэффициент перехода k_p определяют в зависимости от показателя текучести образца I_l в оттаявшем состоянии:

I_l	0—0,25	0,25—0,75	свыше 0,75
k_p	1,1	1,5	1,1

Коэффициент надежности по грунту γ_g, полученный для оттаявшего монолита, следует принимать в качестве искомого при определении расчетного сцепления талого грунта.

6. Гидравлическую крупность частиц несвязного грунта w, (т. е. скорость их осаждения в стоячей воде) определяют в зависимости от диаметра частиц d по графику (рис. 10.1).

Гидравлическую крупность грунта w, состоящего из разных фракций, определяют как средневзвешенную по аналогии с определением среднего диаметра частиц грунта (см. формулу 10.5).

7. Гидравлическую крупность отрывающихся отдельностей связного грунта принимают по табл. 10.6 в зависимости от их толщины δ, определяемой по расчетному сцеплению $C_р$.

Таблица 10 6

$C_р$, 10^5 Па	δ, мм	w, м/с	$C_р$, 10^5 Па	δ, мм	w, м/с
0,001	0,36	0,067	0,10	0,91	0,12
0,005	0,38	0,07	0,25	1,85	0,15
0,01	0,41	0,077	0,50	3,35	0,20
0,025	0,50	0,086	0,75	4,85	0,25
0,05	0,65	0,10	1,0	6,35	0,31
0,075	0,80	0,11			

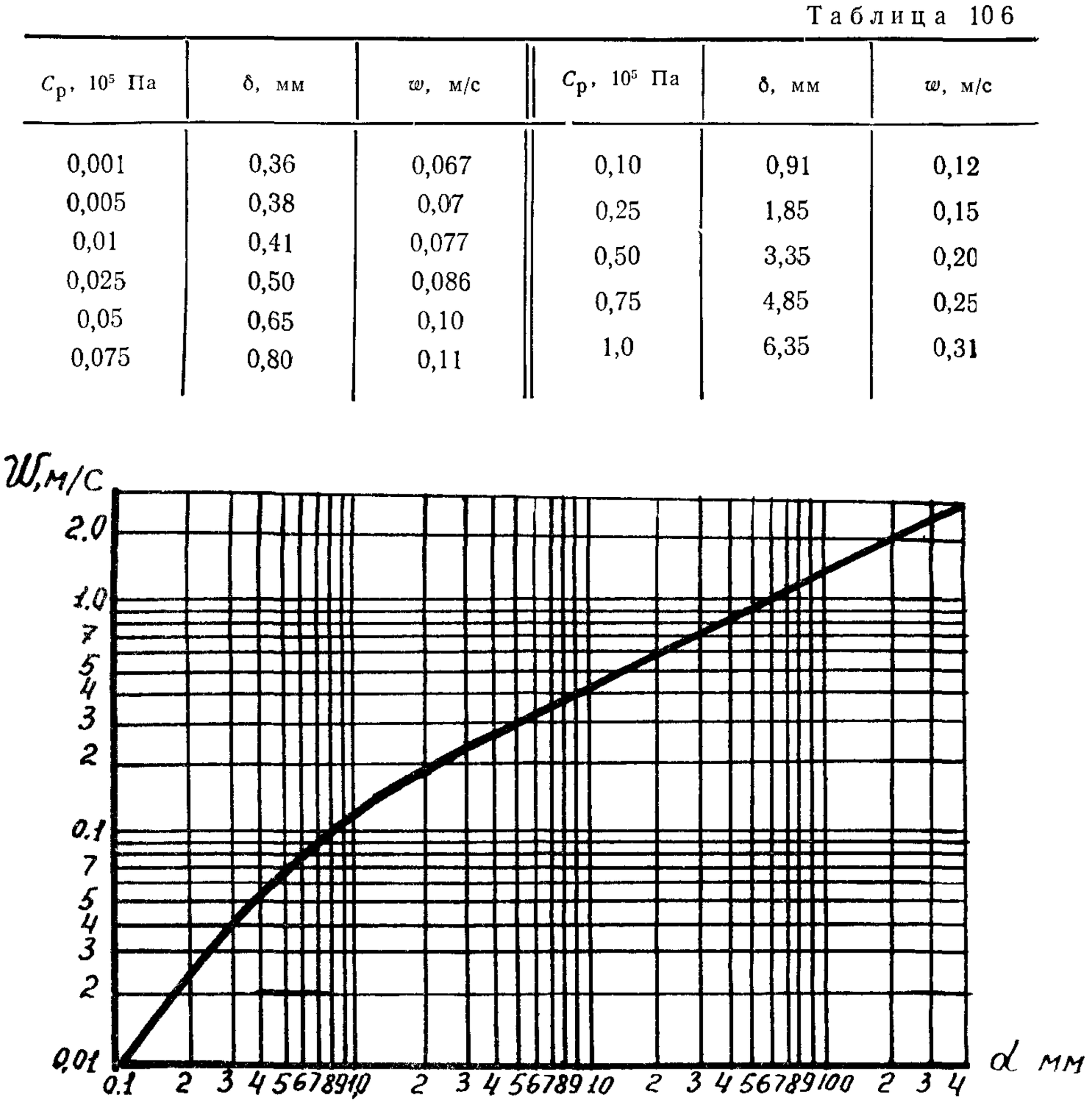


Рис 10 1 График для определения гидравлической крупности несвязных грунтов

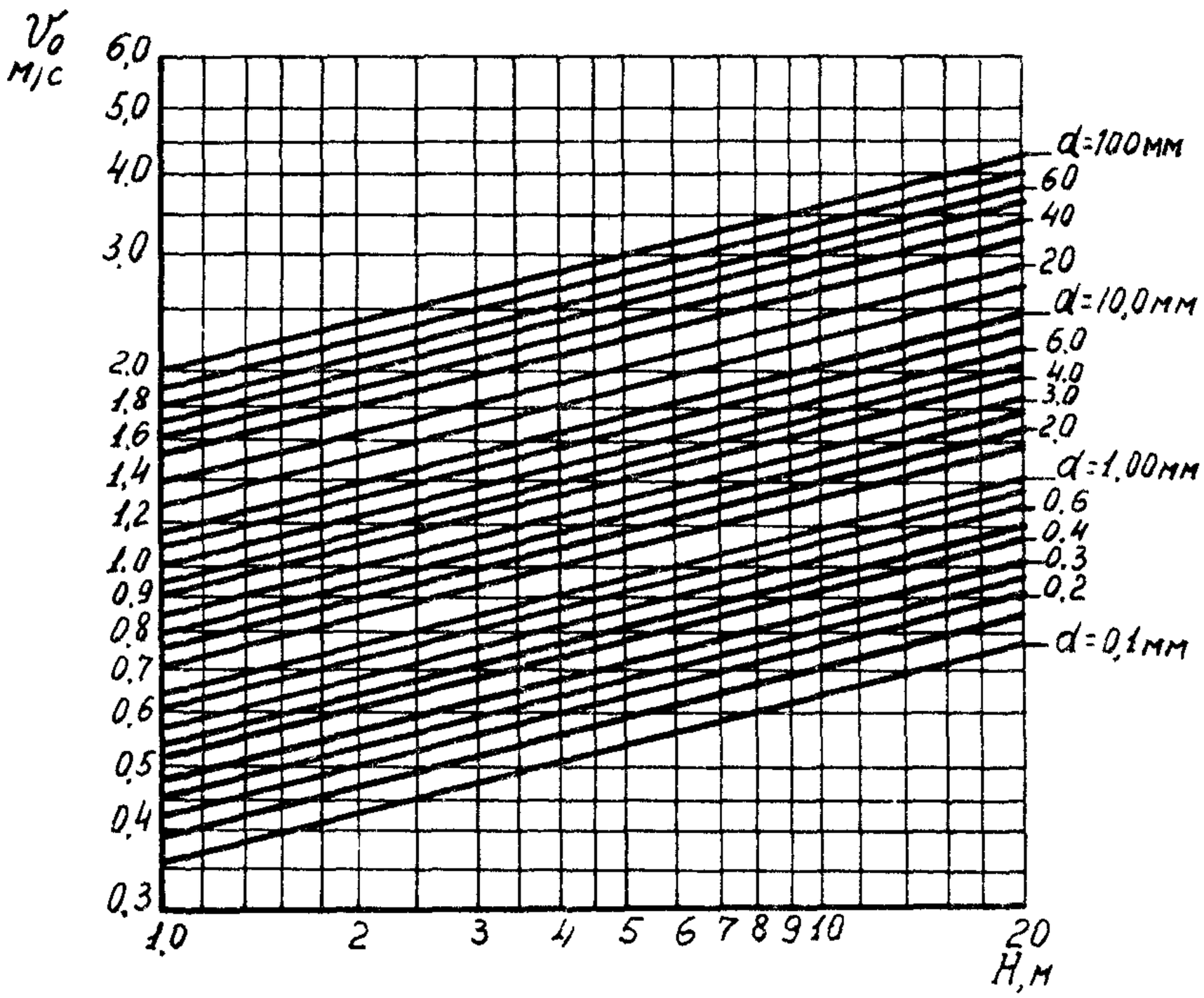


Рис. 10.2. График для определения неразмывающей скорости для несвязных грунтов

Для пылеватых песков с содержанием пылеватых частиц $k_п \geqslant 20\%$ гидравлическую крупность определяют по эквивалентному расчетному сцеплению (в паскалях):

$$C_{рэ} = 600\left(0{,}38 \cdot 10^5 k_п^{1/4}\left(\frac{v_0 \varepsilon}{C}\right)^2 - 1\right), \qquad (10.9)$$

где v_0—неразмывающая скорость частиц песчаной части грунта, определяемая по формуле (10.10); C—коэффициент Шези; ε—коэффициент, учитывающий увеличение размываемости связного материала при влечении по нему несвязного (при грядовом движении по руслу песчаного материала $\varepsilon = 1{,}16$).

В расчетах $k_п$ принимают в долях единицы.

Если по формуле (10.9) получается отрицательная величина, то рекомендуется принимать $C_{рэ} = 0{,}001 \cdot 10^5$ Па.

8. Размываемость (устойчивость) грунтов дна характеризуется неразмывающей скоростью v_0 течения, при которой еще не происходит движение несвязных частиц или отрыв отдельностей связного материала. При средней скорости потока $v > v_0$ начинается размыв грунта на данной вертикали.

Неразмывающие скорости определяют в зависимости от связности, состава и температурного режима грунтов (талые и оттаявшие).

9. Неразмывающую скорость для однородного по крупности несвязного грунта рекомендуется определять по формуле Б. И. Студеничникова (рис. 10.2):

$$v_0 = 1{,}15\sqrt{g}(Hd)^{1/4}, \qquad (10.10)$$

где g—ускорение свободного падения ($g=9{,}8$ м/с²); H—глубина потока

Неразмывающую скорость для пылеватых песков (при $k_п \geqslant 0{,}03$) определяют по формуле:

$$v_{0п} = 1{,}5 v_0 k_п^{1/8}, \qquad (10.11)$$

где v_0—определяют по формуле (10 10) для частиц песчаной части (частиц крупнее 0,1 мм)

10 Неразмывающую скорость для связных и заторфованных грунтов определяют по графикам (рис. 10.3 и 10.4) или по формулам (в м/с): Ц. Е. Мирцхулавы [65]

$$v_0 = \frac{0{,}29}{\varepsilon}(3{,}34 + \lg H)\sqrt{0{,}15 + 10^{-4} C_р}; \qquad (10.12)$$

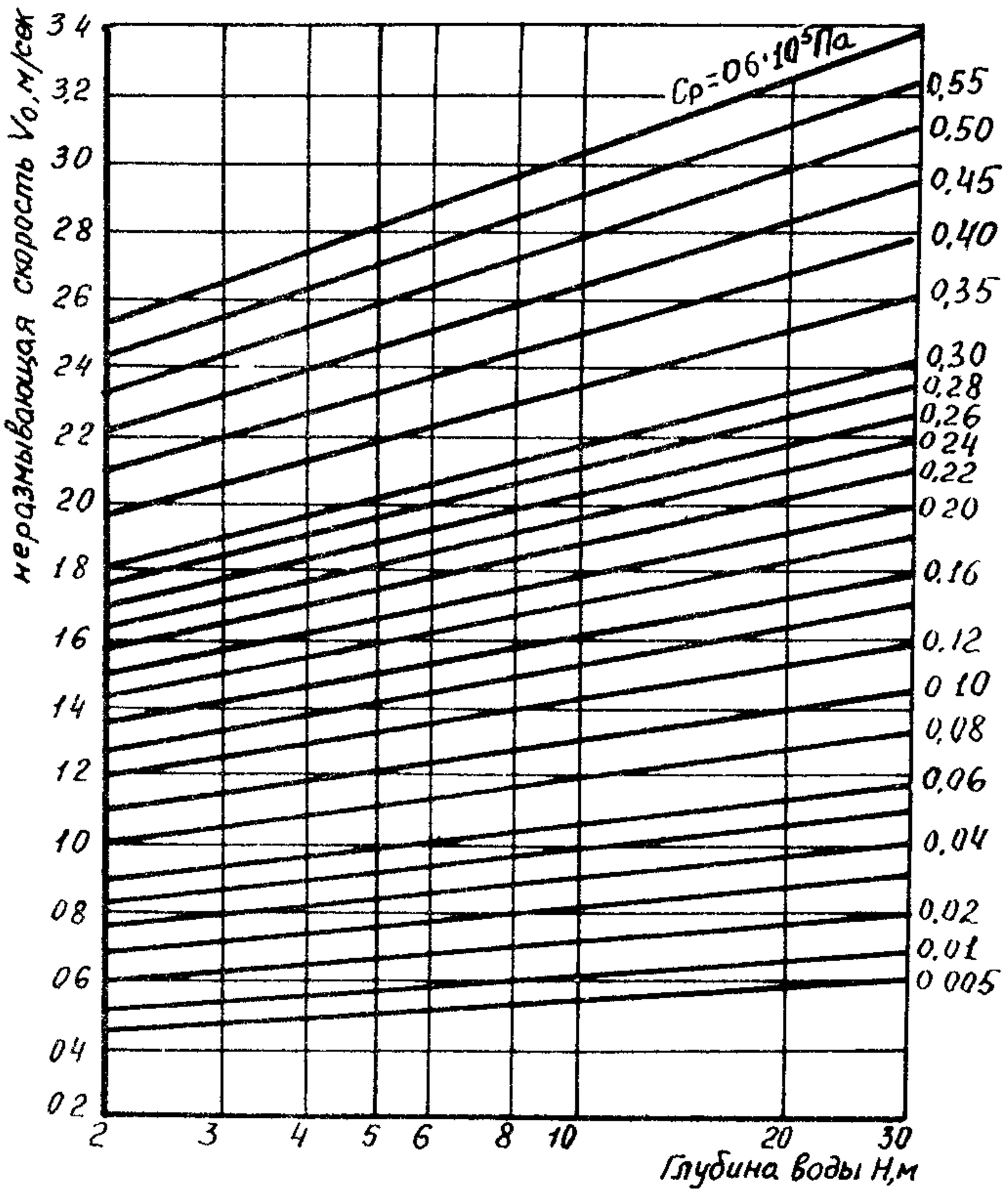


Рис 10 3 График для определения неразмывающей скорости связных грунтов по формуле Ц Е Мирцхулавы

ЦНИИСа

$$v_0 = 0{,}032 \frac{C}{\varepsilon} \sqrt{0{,}054 + 10^{-4} C_p}\,, \qquad (10.13)$$

где ε—коэффициент, принимаемый равным единице, когда в русле нет песчаных наносов и ε = 1,16, когда по руслу движутся песчаные донные наносы; C—коэффициент Шези, определяемый в зависимости от глубины потока H и коэффициента шероховатости; C_p—расчетное сцепление в паскалях.

Когда коэффициент шероховатости $n \neq 0{,}03$, значения неразмывающей скорости, полученные по графику (рис. 10.4), следует умножить на величину $0{,}03/n$; при движении по руслу песчаных наносов—умножать на $1/\varepsilon = 0{,}865$.

11. Неразмывающую скорость для засоленных (при содержании легкорастворимых солей до 3%) несвязных и связных грунтов определяют по формуле

$$v_{0c} = k_c v_0\,, \qquad (10.14)$$

где k_c—коэффициент уменьшения неразмывающей скорости для грунтов при наличии в них солей, принимаемый в зависимости от значения расчетного удельного сцепления C_p:

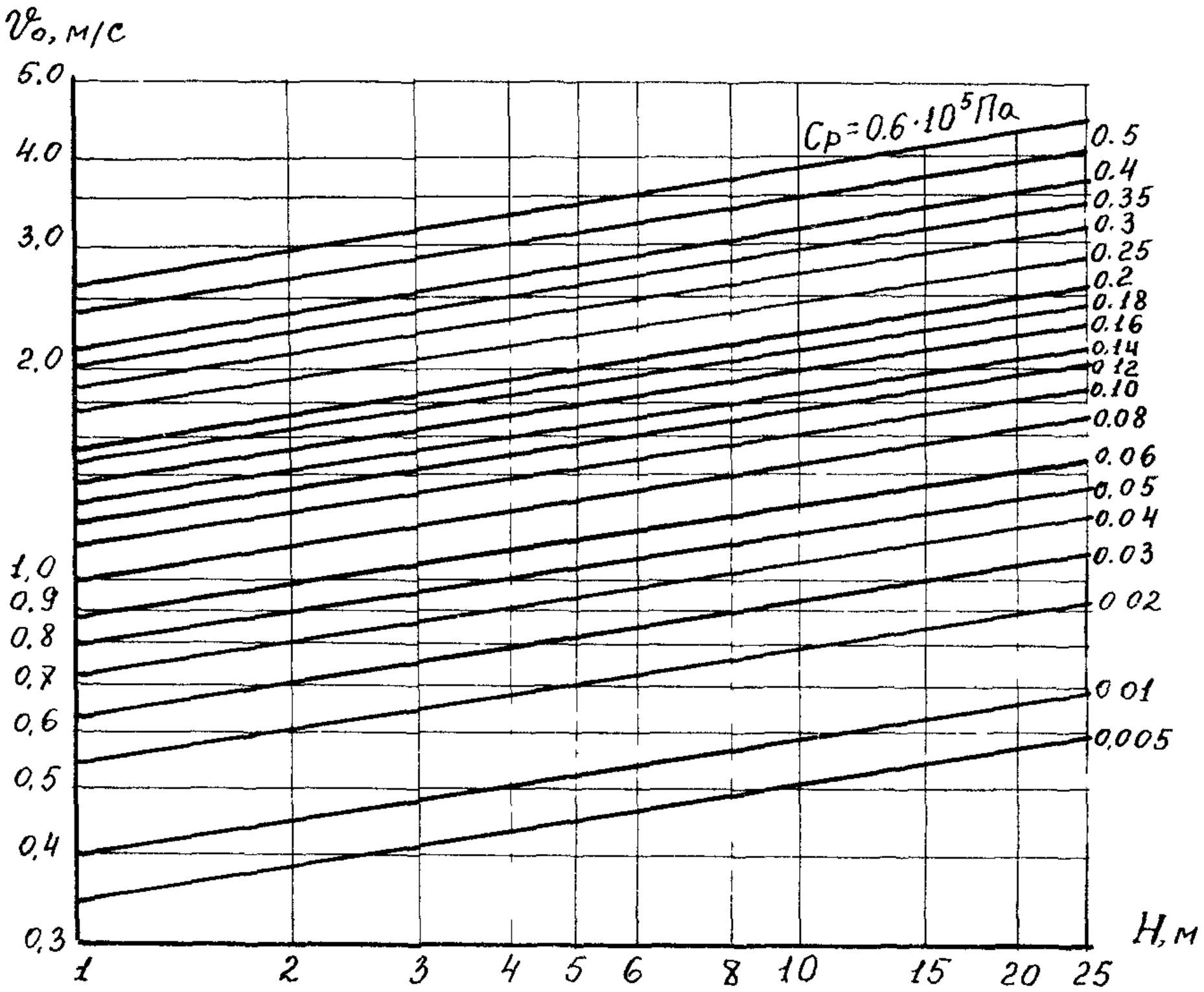


Рис. 10.4. График для определения неразмывающей скорости связных грунтов при ε = 1,0 и коэффициенте шероховатости $n = 0{,}03$ по формуле ЦНИИС

C_p, 10^5 Па	$\leqslant$0,0005	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,075	$>$0,10
k_c	0,92	0,90	0,80	0,75	0,72	0,67	0,63	0,59

Для несвязных грунтов (для которых $C_p=0$) $k_c=0,92$.

При более высоком засолении неразмывающая скорость $v^{оз}$ должна устанавливаться на основании специальных исследований.

12 Неразмывающую скорость для оттаявших связных грунтов определяют по формуле

$$v_{0t}=k_t v_0, \qquad (10.15)$$

где k_t—коэффициент уменьшения неразмывающей скорости потока для оттаявших грунтов по сравнению с талыми, определяемый по табл 10 7 в зависимости от вида криогенной текстуры грунта в мерзлом состоянии, которую различают следующих видов для связных грунтов:

Таблица 10 7

Вид криогенной текстуры	Атакситовая	Слоисто сетчатая	Массивная	
Льдистость за счет ледяных включений	более 0,5	0,4—0,03	0,03 и менее	
Вид грунта	связный	связный	связный	пылеватый песок с содержанием пылеватых частиц от 20% до 70%
k_t	0—0,3	0,3—0,5	0,5—0,9	0,75—1

массивная—лед содержится в основном только в порах грунта, видимых прослоек льда нет;

слоистая—лед содержится в грунте в виде прослоек различных размеров, ориентированных примерно в одном направлении;

сетчатая—лед содержится в грунте в виде пересекающихся между собой прослоек различной ориентации;

атакситовая—лед преобладает в породе

В табл 10 7 меньшее значение коэффициента k_t соответствует бóльшей льдистости за счет ледяных включений (т. е. отношения объема включений к объему мерзлого грунта) или бóльшему содержанию пылеватых частиц в песке.

Указанную льдистость следует отличать от суммарной льдистости (отношение объема льда к объему мерзлого грунта)

13 Неразмывающую скорость для оттаявших связных засоленных грунтов определяют по формуле

$$v_{0tc}=k_t k_c v_0 \qquad (10\,16)$$

Для талых незасоленных грунтов $k_t=k_c=1$

10.4. Расчет общего размыва подмостовых сечений

1. Расчет общего размыва под мостами производят для прогнозируемых сечений бытового русла (см. гл. 9) с целью определения в расчетных условиях средней глубины потока под мостом $H_{м\,пр}$ (для сопоставления коэффициента общего размыва с допустимым $P_{доп}$) и гидравлических характеристик потока (скорости v и глубины H) на вертикалях подмостового сечения.

2. Требования производить расчет общего размыва «на основе решения уравнения баланса наносов на участках русел рек у мостовых переходов» (п. 1.29 СНиП 2.05.03—84) наиболее полно выполняются при численном решении двумерных (плановых) уравнений гидравлики и баланса наносов на ЭВМ с использованием комплекса программ. Такие расчеты, наряду со значительными затратами времени на подготовку исходных данных, могут проводиться в настоящее время высококвалифицированными специалистами (обычно—разработчиками). Поэтому к ним прибегают в рамках научного сопровождения проектов (см. п. 6.3) для комплекса гидравлического расчета больших мостов в сложных ситуационных морфологических и прочих условиях, при необходимости получения данных о размывах вне створа перехода (например, в связи с наличием трубопроводов) и т. п.

3. В случае, когда проектирование мостового перехода осуществляется без научного сопровождения, а также для предварительных расчетов расчет общего размыва под мостом рекомендуется производить по нижеприведенным методам, основанным на равенстве искомых скоростей потока динамическим (по Л. Л. Лиштвану) или размывающим для грунтов и использовании уравнения баланса наносов в одномерной постановке. Использование методов расчета зависит от характеристики грунтов, режима наносов, степени стеснения потока и положения вертикали в подмостовом сечении и определяется критериями стабилизации размывов в подмостовом сечении (табл. 10.8).

Предлагаемые методы расчета удовлетворяют требованиям норм о возможности определять общий размыв «по скорости, соответствующей балансу наносов»* (п. 1.29 СНиП 2.05.03—84).

4. Глубину h_l и скорость v потока на любой вертикали в подмостовом сечении после общего размыва определяют в такой последовательности [5]:

а) разбивают подмостовое сечение на морфологические однородные участки—русло, левая и правая пойменные части отверстия;

б) рассчитывают расход воды, проходящей в русле под мостом

$$Q_р = Q_{рб} R_Q, \qquad (10.17)$$

---

* Поскольку на всех стадиях процесса размыва осуществляется баланс наносов в подмостовом сечении, указанная в нормах запись по контексту предполагает «скорость» на момент окончания размыва.

Таблица 10.8

№ пп	Критерий стабилизации размыва	Режим наносов	Характеристика грунта	Местоположение вертикали под мостом	Дополнительные условия
1	Динамическое равновесие наносов $v = v_{дин}$	Незарегулированные русла (свободное поступление к створу перехода наносов крупностью d)	Однородный несвязный крупностью d	На ширине уширенного русла	Коэффициент стеснения потока $Q/Q_{мб} \leqslant 2$
			Обнажился несвязный грунт со средним диаметром частиц $d_н$	То же	$\frac{d_н}{d} \leqslant \frac{0{,}82}{d_н^{0,3}} \left(\frac{q_l}{\sqrt{g}} \right)^{0,2}$
			Обнажился связный грунт с расчетным сцеплением $C_р$, Па	»	$\frac{\sqrt{0{,}054 + 10^{-4}_{ср}}}{d^{0,2}} \leqslant 3 q_l^{0,1}$
2	Равенство фактической скорости потока неразмывающей $v = v_0$	То же	Однородный несвязный или связный	За пределами уширенного русла	
			Обнажился однородный несвязный или связный грунт	На ширине уширенного русла	Размыв в обнажаемых грунтах меньше, чем при динамическом равновесии наносов (не удовлетворяются соответствующие критерии в 1)
		Зарегулированные русла (дефицит или отсутствие поступления наносов к створу перехода)	Однородный несвязный или связный	По всему сечению	
		Пойменные мосты через русла, не несущие донных наносов	То же	То же	
3	Естественная отмостка	Не лимитируется	Неоднородный несвязный грунт подстилает или обнажился в процессе общего размыва	Все или часть подмостового сечения	

Продолжение табл 10 8

№ пп	Критерий стабилизации размыва	Режим наносов	Характеристика грунта	Местоположение вертикали под мостом	Дополнительные условия
4	Прекращение процесса размыва из-за кратковременности воздействия потока	Незарегулированные русла	Связный	По всему сечению	Время воздействия потока недостаточно для стабилизации размыва по критериям I и II
		То же, при $Q/Q_{мб}>2$	Однородный несвязный или связный	То же	
		Зарегулированные русла (дефицит или отсутствие поступления наносов к створу перехода)	Однородный несвязный и связный	»	

где R_Q—коэффициент увеличения расхода воды в естественном русле $Q_{рб}$, определяемый по формуле И С Ротенбурга

$$R_Q = \sqrt{1+\frac{2g\Delta h_в}{\mu_в}}; \quad (10\,18)$$

$$\mu = v_{рб}^2 + av_б\sqrt{L_{разл}gi},$$

$v_{рб}$, $v_б$—средние скорости потока при отсутствии стеснения соответственно в русле и по всему живому сечению долины, значения остальных параметров, входящих в формулы (10 18) и μ, даны при определении предмостового подпора $\Delta h_в$ (см п 10 6)

Для расчета коэффициента R_Q можно пользоваться также формулой [32].

$$R_Q = 1+\frac{\omega_{рб}}{\omega_{мб}}\left(\frac{Q}{Q_{рб}}-1\right), \quad (10.19)$$

где $\omega_{рб}$, $\omega_{мб}$—площади живого сечения до размыва соответственно русла и под мостом (с учетом срезки)

в) рассчитывают расход водного потока, проходящий в каждом из пойменных подмостовых сечений

$$Q_{пi} = \frac{\omega_{пi}H_{пi}^{2/3}}{\sum_{i}^{n}\omega_{пi}H_{пi}^{2/3}}(Q-Q_р), \quad (10.20)$$

где $\omega_{пi}$, $H_{пi}$—пойменные площади подмостовых сечений до размыва с учетом срезки и средние глубины потока на этих участках

г) Для каждого морфологически однородного участка под мостом находят средние удельные расходы q (для русла шириной в бытовых условиях $B_р$ $q=Q_р/B_р$, для i-ой пойменной части отверстия, длиной $l_{пi}$ $q=Q_{пi}/l_{пi}$), а затем удельный расход на требуемой вертикали с глубиной потока до размыва $h_{др}$

$$q_i = q\left(\frac{h_{др}}{H_{др}}\right)^y, \quad (10.21)$$

где $H_{др}$—средняя глубина потока до размыва на рассматриваемом морфологическом участке, y—показатель степени, принимаемый равным $y=1{,}3$ для незарегулированных русел, сложенных однородными несвязными грунтами, и $y=1{,}25$ для несвязных грунтов при дефиците (или отсутствии поступления) наносов к подмостовому сече-

нию, а также образования естественной отмостки (в неоднородных несвязных материалах); $y=1{,}17$ при связных грунтах.

д) Находят глубину потока h_i после размыва на вертикали для рассматриваемой части отверстия (русловая, участок срезки грунта и т. д.), ее определяют по формуле

$$h_i = h_{\text{др}i}\left(\frac{H_{\text{пр}}}{H_{\text{др}}}\right), \tag{10.22}$$

где $h_{\text{др}i}$—глубина потока на i-ой вертикали до размыва; $H_{\text{пр}}$—средняя для рассматриваемой части отверстия глубина потока после размыва.

Глубина потока h_i может быть найдена непосредственно по нижеследующим пунктам, как определяют $H_{\text{пр}}$, в зависимости от характеристики грунтов, режима наносов, положения вертикали в подмостовом сечении и соответствующем удельным расходом q_i на i-ой вертикали.

е) Скорость потока на этой же вертикали после размыва определяют по формуле

$$v_i = q_i / h_i. \tag{10.23}$$

5. При динамическом равновесии наносов в руслах (см. табл. 10.8), сложенных однородными несвязными грунтами, среднюю глубину потока после размыва в русловой части отверстия определяют по формуле [5]:

$$H_{\text{пр}} = 0{,}93\left[\frac{q}{\beta d^{0,2}\sqrt{g}}\right]^{0,77}, \tag{10.24}$$

где β—безразмерный коэффициент Лиштвана, зависящий от вероятности превышения паводка p.

p, %	0,33	1	2	3	5	10
β	1,07	1	0,97	0,94	0,91	0,86

По формуле (10.24) при $\beta=1$ составлен график (рис. 10.5) для определения глубины потока.

Глубина потока в рассматриваемых условиях может быть определена также по формуле

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{др}}\left(\frac{Q_{\text{р}}}{Q_{\text{рб}}} \cdot \frac{B_{\text{р}}}{L_{\text{м}}}\right)^{0,77} \tag{10.25}$$

6. На мостовых переходах, сложенных однородными несвязными грунтами, когда стабилизация размыва наступает при равенстве фактической скорости течения размывающей (см. табл. 10.8), среднюю глубину потока после размыва на морфологически однородном участке определяют по формуле

$$H_{\text{пр}} = \frac{0{,}9}{d^{0,2}}\left(\frac{q}{\sqrt{g}}\right)^{0,8} \tag{10.26}$$

7. На русловых и пойменных частях отверстия, сложенных связными грунтами (включая засоленные и оттаявшие), среднюю

глубину потока после размыва на морфологически однородном участке, установившейся при равенстве фактической скорости потока размывающей (см. табл. 10.7), определяют по формуле (в м)

$$H_{\text{пр}} = \left[\frac{qn\varepsilon}{0{,}033 \cdot k_t k_c \sqrt{0{,}054 + 10^{-4} C_{\text{р}}}}\right], \qquad (10.27)$$

где n—коэффициент шероховатости на рассматриваемом участке подмостового сечения с учетом расчистки, срезки, спрямления и т п (см прил 3 3); ε, $C_{\text{р}}$—коэффициент, учитывающий наличие донных наносов в русле, и расчетное сцепление грунта в Па (см формулы 10.12—10 13); k_t, k_c—коэффициенты, учитывающие температурный режим грунта (см табл 10 7) и его засоленность (см формулу 10 14)

8. На русловых и пойменных частях отверстия, сложенных неоднородными несвязными грунтами, среднюю глубину потока после размыва на рассматриваемой части отверстия определяют по формуле

$$H_{\text{пр}} = \frac{0{,}9}{D^{0{,}2}} \left(\frac{q}{\sqrt{g}}\right)^{0{,}8} + 0{,}7 \frac{D}{k} (1 - k). \qquad (10.28)$$

Диаметр отмащивающих частиц D и их содержание по массе k в перерабатываемом материале определяют с учетом гранулометрического состава грунта подбором из уравнения

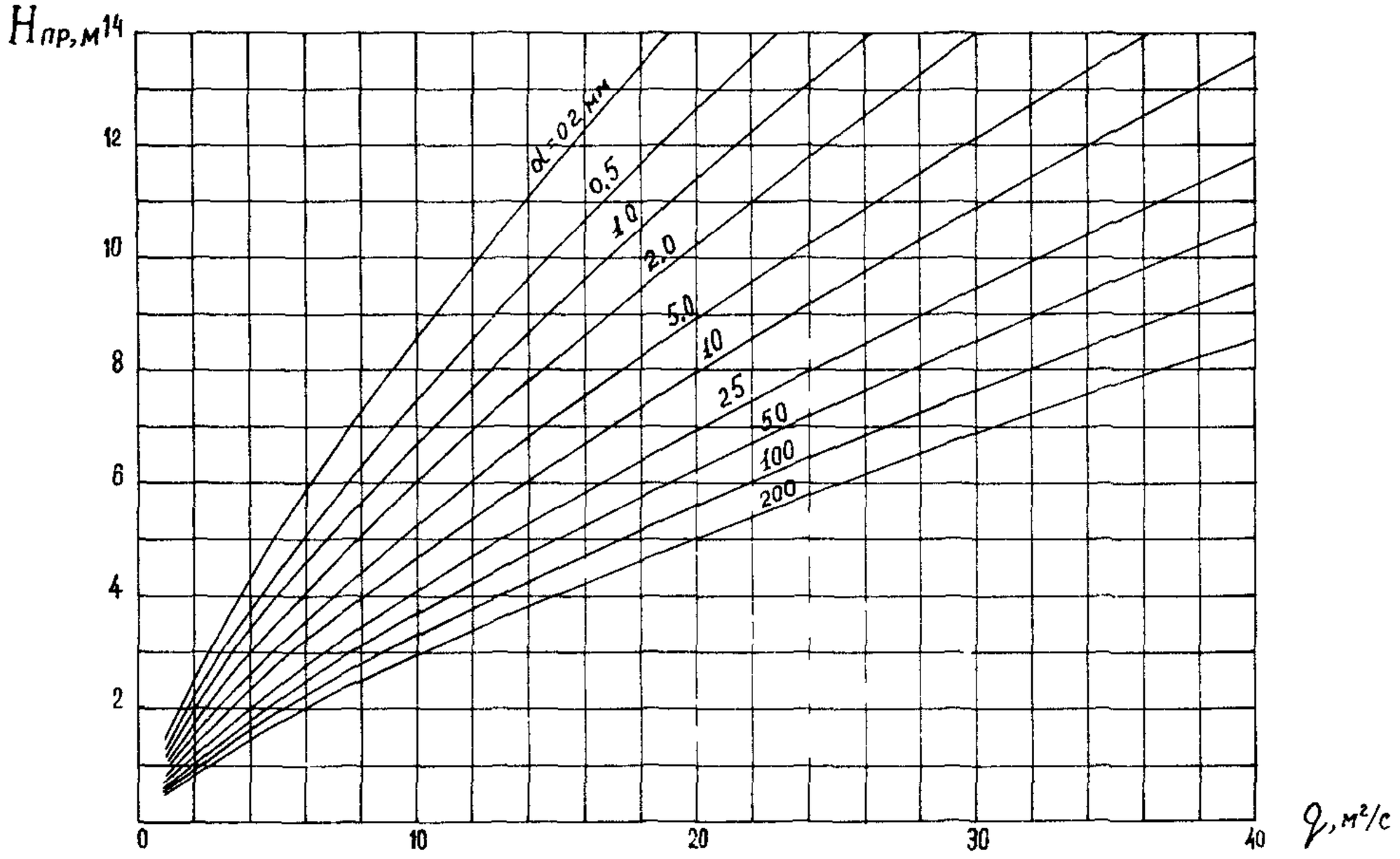


Рис 10 5 График для определения средней глубины потока под мостом после размыва при динамическом равновесии наносов в паводок 1% вероятности превышения

$$R_{\text{р}} = \left(\frac{1}{D^{1,2}} + 0{,}5R_{\text{р}}\right)k, \qquad (10.29)$$

где

$$R_{\text{р}} = 7{,}8\left(\frac{\sqrt{g}}{q}\right)^{0,8}. \qquad (10.30)$$

Полученная глубина размыва не должна быть больше той, при которой наступает стабилизация размыва в подмостовом сечении из-за: а) динамического разновесия донных наносов или б) невозможности по гидравлическим условиям выноса из подмостового сечения мелких частиц грунта.

Глубину потока в указанных случаях определяют соответственно по формулам (10.24) и (10.26), в которых вместо среднего диаметра частиц грунта d принимают средний диаметр частиц донных наносов или мелких частиц грунта, равный

$$d_{\text{м}} = \frac{d - kD}{1 - k}. \qquad (10.31)$$

9. При слоистом строении дна подмостового сечения расчет общего размыва производят в зависимости от гидравлических условий и характеристик нижележащего грунта.

Для незарегулированных русел (в которых беспрепятственно перемещаются донные наносы крупностью d) при обнажении в процессе общего размыва однородных несвязных или связных грунтов расчет размыва в них производят согласно пп. 6 или 7 (соответственно для несвязных или связных материалов) и проверяют возможность динамического равновесия поступающих из зоны подпора наносов. К расчету принимают меньшую из полученных глубин потока после размыва (условия стабилизации размыва из-за динамического равновесия наносов приведены в табл. 10.8).

Если при расчете одного из нижних слоев глубина размыва окажется меньше суммы вышележащих слоев, то это значит, что размыв прекратится на поверхности рассматриваемого слоя.

Когда вышележащий слой подстилает более размываемый грунт, рассчитанную глубину размыва в верхнем слое грунта следует считать устойчивой, если до нижней границы этого слоя остается запас

$$\Delta \geqslant 0{,}15(H_{\text{пр}} - H_{\text{др}}).$$

В противном случае расчет размывов производят по параметрам нижнего более размываемого грунта.

10. Среднюю глубину потока под мостом после размыва $H_{\text{мпр}}$ определяют по тем же формулам, что и при расчете глубины потока h на вертикалях русловой части подмостового сечения, при среднем удельном расходе под мостом $q = Q/L_{\text{м}}$

11. Для подмостовых сечений, в которых проход паводков, меньших по величине чем расчетные, вызывает необратимые изменения под мостом, определение общего размыва следует выполнять с учетом фактора времени воздействия потока.

В качестве «прохода расчетного паводка после серии натурных наблюденных паводков одного из многоводных периодов» (п 1 29 СНиП 2 05 03—84) следует пропускать подряд следующую серию паводков с вероятностью пиковых расходов в зависимости от коэффициента вариации расходов воды C_v

при $C_v \leqslant 0{,}5$ $4p$, $8p$, $2p$, $4p$, p,

при $C_v > 0{,}5$ $4p$, $2p$, p,

где p—вероятность расчетного паводка

В первом приближении указанная серия паводков может быть заменена одновременным проходом двух расчетных паводков

Необратимые изменения в подмостовом сечении, когда требуется учитывать время воздействия потока при расчете общего размыва, могут быть подразделены на два случая

а) Практическое отсутствие поступления донных наносов к подмостовому сечению

русла и поймы сложены связными грунтами без влечения по руслу песчаных наносов,

пойменные мосты и пойменные части отверстия за пределами уширенного русла,

мосты в нижних бьефах плотин и работающие в подобных условиях

б) Значительный дефицит поступления донных наносов к подмостовому сечению

стеснение потока при расчетном паводке более чем в два раза

Мосты через зарегулированные русла (например, в условиях подпора) могут быть отнесены к одному из перечисленных случаев в зависимости от фактического режима наносов в районе мостового перехода

Необратимые изменения под мостом возможны также при вскрытии связного материала или более крупного, чем верхний слой, несвязного грунта, а также при образовании естественной отмостки Изменения под мостом будут необратимы, если глубину размыва будут определять вскрываемые грунты (а не динамическое равновесие поступающих из зоны подпора наносов) Указанный случай следует относить к «а» При этом расчет размыва в неоднородных грунтах следует проводить без учета фактора времени

12 В случае, предусмотренном в п 11а, среднюю глубину потока на участке подмостового сечения определяют по формулам

для несвязных грунтов (при $v_{др} > 1{,}4\, v_0$ и коэффициенте размыва $P > 1{,}3$)

$$H_{пр} = \sum_{i=1}^{n} H_{дрi} \left(1 + \varphi\, \alpha_м \frac{T_i L_м}{A}\right)^{6/25} \qquad (10\ 32)$$

или при замене серии паводков одновременным проходом n_i расчетных паводков (рекомендуется принимать $n_i = 2$)

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{др}} \left(1 + \varphi\, \alpha_{\text{м}} \frac{n_t T L_{\text{м}}}{\text{A}}\right)^{6/25}; \qquad (10.33)$$

для связных грунтов

$$H_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^{n} H_{\text{др}} \left(1 + 6{,}6 \frac{v_{\text{др}i}^3}{g H_{\text{др}i}^2} T_i \sqrt{1 - v_0 / v_{\text{др}i}}\right)^{1/5} \qquad (10.34)$$

или соответственно

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{др}} \left(1 + 6{,}6 \frac{v_{\text{др}}^3}{g H_{\text{др}}^2} n_t T \sqrt{1 - v_0 / v_{\text{др}}}\right)^{1/5}, \qquad (10.35)$$

где $H_{\text{др}i}$, $v_{\text{др}i}$—глубина и скорость потока до размыва на рассматриваемом участке подмостового сечения при проходе i-го расхода; $H_{\text{др}}$, $v_{\text{др}}$—то же при проходе расчетного расхода; в качестве $H_{\text{др}i}$ и $v_{\text{др}i}$ следует принимать гидравлические характеристики потока, полученные после прохода (i—1) расхода; $\alpha_{\text{м}}$—параметр твердого расхода (наносов), определяемый по формуле

$$\alpha_{\text{м}} = \left(\frac{d}{H_{\text{др}i}}\right)^{2/3} \left(\frac{v_{\text{др}i}}{v_0}\right)^3 \quad (v_{\text{др}i} - 1{,}4\, v_0), \qquad (10.36)$$

в которой при необходимости принимают $H_{\text{др}i} = H_{\text{др}}$ и $v_{\text{др}i} = v_{\text{др}}$; v_0—неразмывающая скорость для грунта с учетом его температурного режима и засоленности при глубине потока $H_{\text{др}}$ (или $H_{\text{др}i}$); T_i—число суток затопления пойм при проходе i-го паводка; T—то же расчетного паводка; φ, A—параметры, значения которых принимают по табл. 10.9 в зависимости от рассматриваемого участка подмостового сечения.

Таблица 109

Часть отверстия	$\varphi \cdot 10^3$	A
Все отверстие	10	$L_{\text{р}}(2L_{\text{м}} + B_{\text{р}})$
Русловая	10	$L_{\text{р}}(2B_{\text{уш}} + B_{\text{р}})$
Пойменная	3,3	$l_{\text{п}i} \cdot l_{\text{д}i}$

В табл. 10.9: $l_{\text{п}i}$—ширина i-ой пойменной части отверстия; $l_{\text{д}i}$—расстояние между осью моста и верхней границей срезки или расчистки; $L_{\text{р}}$—длина распространения размыва, определяемая по формуле

$$L_{\text{р}} = 0{,}67 X_0, \qquad (10.37)$$

где X_0—расстояние от створа моста до вертикали, где устанавливается предмостовой подпор (см. п. 10.6).

В первом приближении можно принимать $L_{\text{р}} \approx 2L_{\text{м}}$.

Глубины потока после общего размыва, рассчитанные по формулам (10.32)—(10.35), не должны быть больше предельных глубин, определенных по соответствующим формулам (10.26) и (10.27).

13. В случае, предусмотренном в п. 11б, среднюю глубину потока после размыва в русловой части отверстия в однородных несвязных грунтах определяют подбором из уравнения

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{др}} \left[\frac{1 + 10^4 \alpha_{\text{м}} B_{\text{уш}} T n_t / \text{А}}{H_{\text{пр}}/H_{\text{др}} + 4{,}7 \cdot 10^3 \alpha_{\text{б}} T n_t / L_{\text{р}}} \right]^{1/3} \qquad (10.38)$$

где $\alpha_{\text{б}} = \left(\frac{d}{H_{\text{др}}} \right)^{2/3} \left(\frac{v_{\text{рб}}}{v_0} \right)^3 (v_{\text{рб}} - v_0)$—параметр твердого расхода в бытовом русле; $v_{\text{рб}}$—средняя скорость потока в бытовом русле

При расчете по формуле (10.38) глубина потока не должна быть больше подсчитанной по формуле (10.26).

В формулах (10.32)—(10.36) и (10.38) учета фактора времени при прогнозировании размывов расход донных наносов определяется по формуле И. И. Леви (в кг/с)

$$G = 0{,}07 \left(\frac{v}{v_0} \right)^2 \left(\frac{v}{v_0} - 1 \right) \left(\frac{d}{H} \right)^{2/3} \varrho\, Q,$$

где $\varrho \approx 1700$ кг/м^3—плотность грунта

14. При обнажении в процессе общего размыва более крупного несвязного или связного грунта учет фактора времени производят согласно пп. 12 и 13. При этом необходимо методом приближения определить время T_0, необходимое для смыва верхнего слоя, а затем, принимая в качестве $H_{\text{др}}$ и $v_{\text{др}}$ гидравлические характеристики потока на границе обнажения нижележащего слоя, рассчитывать глубину потока $H_{\text{пр}}$ для времени $T - T_0$.

В первом приближении с запасом допустимо принимать $T_0 = 0$.

15. Глубину размыва в русле на расстоянии X выше или ниже мостового перехода ориентировочно можно определять в зависимости от средней глубины размыва в русле b подмостовом сечении $\Delta H_{\text{р}}$ по формуле:

$$\Delta H_{\text{х}} = \Delta H_{\text{р}} X / L_l ,$$

где $L_l = L_{\text{р}}$ при определении размыва выше моста и $L_l = L_{\text{рн}}$—ниже моста. Длину распространения размыва вниз по течению можно принимать равной $L_{\text{рн}} = 0{,}5 X_0$

16. Расчетную линию общего размыва под мостом строят как огибающую возможных наибольших размывов с учетом прогнозируемого переформирования русла и его уширения, вызванного стеснением потока подходами. При этом на пойменной части отверстия в пределах уширенного русла $B_{\text{уш}}$ глубина потока h' может быть больше рассчитанной по приведенным выше формулам, поскольку рассматриваемая вертикаль в процессе размыва окажется в русле или на откосе (рис. 10.6).

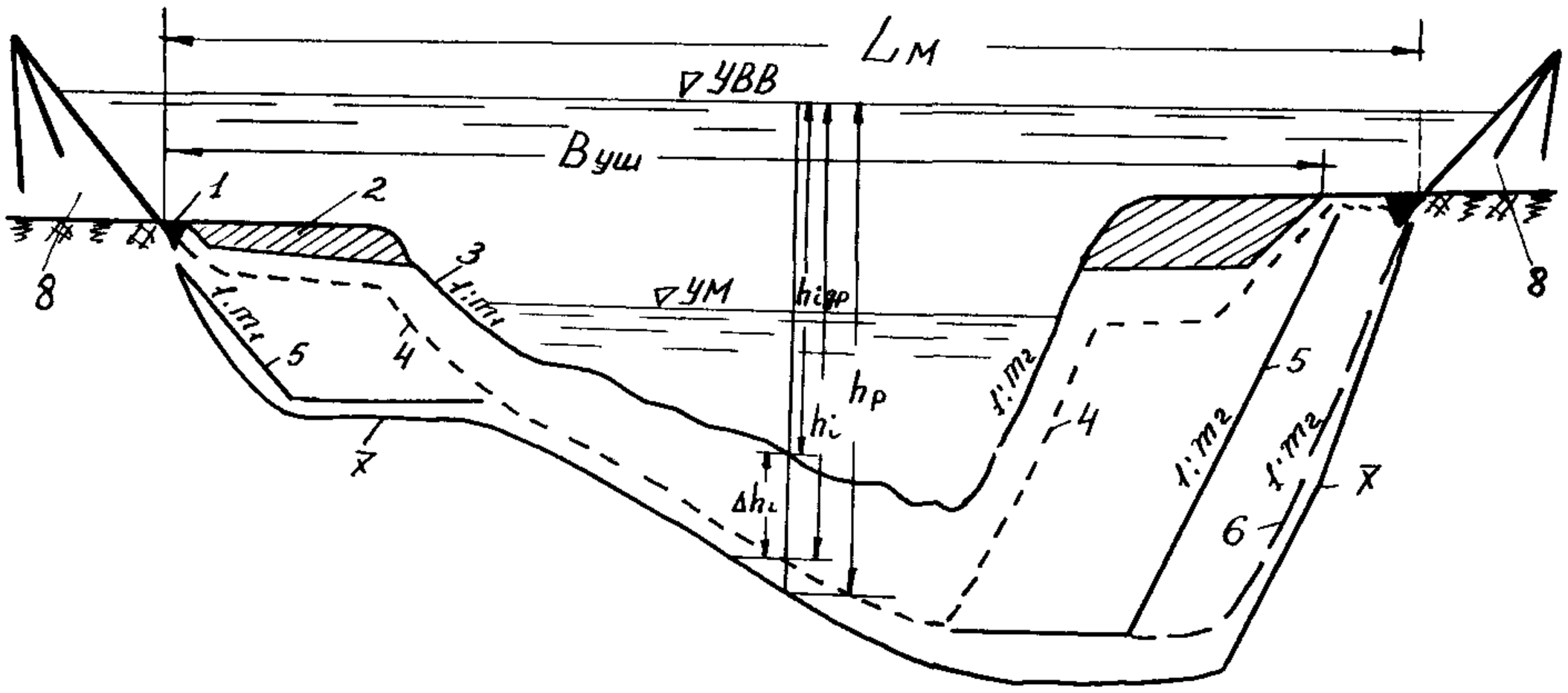


Рис 10 6 Расчетная линия общего размыва в подмостовом сечении:

1—рисберма с камнем у подошвы конуса, *2*—срезка грунта на ширине уширенного русла $B_{уш}$, *3*—дно под мостом до размыва, *4*—линия общего размыва, *5*—то же с учетом уширения русла, *6*—то же с учетом перемещения русла в сторону вогнутого берега (в процессе естественного руслового процесса); *7*—расчетная линия общего размыва (глубины общего размыва увеличены на 15%), *8*—конуса

При построении линии общего размыва заложение откосов прогнозируемого русла принимают равным бытовому m_6, а в мерзлых грунтах—$1{,}75m_6$.

Согласно требованиям СНиП 2.05.03—84 (см. п. 1.29) к расчету следует принимать глубины потока h_i после размыва с учетом увеличения глубин общего размыва Δh_i на 15%

$$h_{расч} = h_{дрi} + 1{,}15\,\Delta h_i, \qquad (10.39)$$

где $h_{дрi}$ —глубина потока в бытовых условиях (с учетом естественного переформирования русла и срезки) на рассматриваемой вертикали Если при увеличении общего размыва на 15% вскрывается неразмываемый грунт, то к расчету следует принимать размыв на границе этого грунта.

10.5. Расчет местного размыва у опор мостов

1. Гидравлические характеристики потока (глубина H и скорость v на вертикали перед опорой) для расчета местных размывов у опор мостов принимают на момент осуществления общего размыва согласно п. 10.4. Если с глубиной потока H, определенной с учетом увеличения глубины общего размыва на 15% (см. п. 10.4), меняется режим наносов, то расчет местного размыва производят для режима, при котором проведен расчет общего размыва.

Глубину местного размыва отсчитывают от поверхности дна на расчетной линии общего размыва при глубине потока H.

2. Различают два случая расчета местного размыва:

а) когда в воронку размыва беспрепятственно поступают донные наносы, влекомые потоком;

б) когда поток не влечет донных наносов или какая-либо причина исключает их поступление в воронку размыва

К последнему случаю относятся водотоки или их участки, на которых скорость при расчетном паводке менее неразмывающей для грунтов русла, а также пойменные потоки на задернованных и заросших поймах.

Различают следующие грунтовые условия:

русло на глубину, превышающую глубину суммарного размыва, сложено однородным несвязным грунтом;

русло сложено неоднородным несвязным грунтом;

русло сложено связным грунтом;

русло сложено слоями разных грунтов.

Основные характеристики грунтов, их разделение по связности, неоднородности и температурному режиму принимают согласно рекомендациям п. 10.3.

3. Глубину местного размыва в однородном несвязном грунте у опоры определяют по формулам:

при поступлении наносов в воронку размыва* ($v > v_0$)

$$h = 0{,}77 H^{0{,}4} \left(\frac{v}{(g w H)^{1/3}} \right)^{1\,2} F(b); \qquad (10\,40)$$

без поступления наносов в воронку размыва

$$h = 0{,}77 H^{0{,}4} \left(\frac{v_0}{(g w H)^{1/3}} \right)^{1/2} \left(\frac{v - v_н}{v_0 - v_н} \right)^{3/4} F(b), \qquad (10\,41)$$

где v_0, w—неразмывающая скорость и гидравлическая крупность грунта, в котором происходит размыв (см п 10 3), $v_н$—начальная скорость (см п 7), $F(b) = \sum_{j=1}^{n} b_j^{0,6} M_j K_j f_j$—параметр, учитывающий геометрию опоры; b_j—ширина поперечного сечения j-го из n имеющихся выше отметки дна элементов опоры с постоянной шириной; M_j, K_j—коэффициенты формы и косины j-го элемента опоры, определяемые соответственно по пп 9 и 10; f_j—весовой коэффициент, приходящий на j-ый элемент опоры (см. п 8)

4. Глубину местного размыва в неоднородном по крупности несвязном грунте определяют по формулам:

при $\varepsilon v > v_{нD}$ $h = h_{0D} \left(\frac{\varepsilon v - v_{нD}}{v_0 - v_{нD}} \right)^{3/4} + 1{,}7 \frac{D}{k}$; (10.42)

при $\varepsilon v \leqslant v_{нD}$ $h = 1{,}7 \frac{D}{k}$, (10 43)

где ε—коэффициент абразивности (см п 11), $v_{нD}$, v_{0D}—начальная и неразмывающая средние скорости потока для среднего диаметра частиц слоя отмостки D, которых содержится в грунте (по массе) K долей, h_{0D}—глубина местного размыва в однородном несвязном грунте со средним диаметром частиц D при скорости потока $v = v_{0D}$

Средний диаметр частиц слоя отмостки D и их содержание в грунте (по массе) K определяют:

---

* Формула предложена В В Беликовым и В Ш Цыпиным по результатам выполненного на ЭВМ статистического анализа свыше 250 достоверных натурных и экспериментальных данных

а) При $\varepsilon_{max}\ v > v_{нdmax}$ подбором из уравнения:

$$K/D = R_р, \qquad (10\,44)$$

где

$$R_р = \frac{18}{h_{0D}}\left(\frac{v_{0D} - v_{нD}}{\varepsilon v - v_{нD}}\right)^2\left(1 - \frac{v_{нD}}{v_{0D}}\right), \qquad (10\,45)$$

ε_{max}, $v_{нdmax}$—коэффициенты абразивности (см. п 11) и начальная скорость (см. п. 7) для самых крупных частиц (или включений) в грунте со средним диаметром d_{max} (см. п. 3 в п. 10.3).

б) При $\varepsilon_{max} v \leqslant v_{нdmax}$—по формуле

$$D = \sum_{D_{min}}^{d_{max}} d_i k_i / k, \qquad (10\,46)$$

где D_{min}—минимальная крупность частиц, входящих в слой отмостки и определяемых по формуле

$$D_{min} = 0{,}7H\left(\frac{\varepsilon_{max} v}{\mu\sqrt{gH}}\right)^{8/3}\left(\frac{b}{H}\right)^{1/3}, \qquad (10\,47)$$

μ—коэффициент, зависящий от относительной глубины потока H/b и определяемый по формуле (10 51); b—расчетная ширина опоры (см п 7)

При наличии в грунте частиц крупнее полученного значения D_{min} менее 15% размер этих частиц принимают за искомый, а более или равное 15%—размер частиц, полученных по формуле (10 47) с коэффициентом 0,5.

Если частиц полученной крупности D_{min} грунт не содержит, то искомыми частицами D_{min} будут ближайшие к рассчитанным более крупные частицы, содержащиеся в грунте

5. Глубину местного размыва в связном грунте определяют по формуле

$$h = 0{,}77H^{0{,}4}\left(\frac{v_0}{(g\omega H)^{1/3}}\right)^{1/2}\left(\frac{\varepsilon v - v_н}{v_0 - v_н}\right)^{3/4} F(b), \qquad (10\,48)$$

где ω—гидравлическая крупность отрывающихся отдельностей (см табл 10 6)

6. Расчет местных размывов при слоистом залегании грунтов зависит от взаимного расположения и характеристик грунтов, вскрываемых в процессе местного размыва, гидравлических характеристик потока и режима донных наносов. Глубину размыва при слоистом залегании грунтов определяют согласно табл. 10.10, в которой приняты следующие обозначения:

h_1—глубина местного размыва, определяемая для грунта со средним диаметром частиц d_1 верхнего слоя, h_2—то же, но для грунта d_2 нижележащего слоя, $h_н$—то же для донных наносов, h_0—уменьшение глубины местного размыва в нижележащем слое из-за заноса воронки более крупным грунтом верхнего слоя, определяемое по формуле

$$h_\delta = \sqrt{\frac{2\Delta}{m_2}(m_2 h_2 - m_1 h_1)}; \qquad (10\,49)$$

Δ —толщина верхнего слоя (или слоев); m_1, m_2—коэффициенты естественного заложения откоса соответственно выше- и нижележащих грунтов (табл 10 11)

Таблица 10 10

Характеристика грунта верхнего слоя	Режим донных наносов	Дополнительные условия	Глубина размыва
Однородный грунт	Нет движения наносов	$h_2-h_\delta \geqslant h_1$	h_2-h_δ
		$\Delta < h_2-h_\delta < h_1$	
		$h_2 \leqslant h_1$	h_2
		$\Delta > h_2-h_\delta < h_1$	
		$h_2 > h_1$	h_1
		$h_1 > h^2 < \Delta$	Δ
	Есть движение наносов	$d_1 \geqslant d_2$	h_1
		$d_1 < d_2$	
		$h_2 \leqslant \Delta$	Δ
		$d_1 < d_2$	
		$h_2 > \Delta,\ h_2 \leqslant h_1$	h_2
		$d_1 < d_2$	
		$h_2 > \Delta,\ h_2 > h_1$	h_1
Неоднородный грунт	Нет движения наносов	См как в однородных грунтах при том же режиме насосов	
	Движение мелких фракций $d_м$	$h_2-h_\delta \geqslant h_н$	$h_н$
		$\Delta < h_2-h_\delta < h_н$	h_2-h_δ
		$\Delta > h_2-h^\delta < h_н$	Δ

Таблица 10 11

Название грунта и его крупность, мм	Коэффициент естественного заложения откоса, m_0
Несвязный:	
песок:	
мелкий и средний 0,1—0,5	1,75—1,65
крупный 0,5—1,0	1,65—1,60
гравий:	
мелкий 1—2	1,60—1,55
средний 2—5	1,55—1,45
крупный 5—10	1,45—1,40
галька 10—100	1,40—1,25
валуны 100	1,25
Связный	1,0

7. Минимальная скорость набегающего потока, при которой частицы грунта у опоры приходят в движение и появляются первые признаки размыва, называется начальной скоростью $v_н$, которую определяют по формуле

$$v_н = v_0 \left(\frac{d}{b}\right)^{1/8} \mu; \tag{10.50}$$

$$\mu = \frac{0{,}95 + 0{,}5H/b}{0{,}4 + H/b} \tag{10.51}$$

где b—расчетная ширина опоры, которую при n элементов опоры с постоянной шириной b_j выше отметки общего размыва (рис. 10.7) определяют по формуле

$$b = \left(\sum_{j=1}^{n} b_j^{0,6} f_j\right)^{5/3} \tag{10.52}$$

При определении расчетной ширины опоры на сваях по формуле (10.52) в качестве расчетной ширины свайного основания принимают ширину одной сваи.

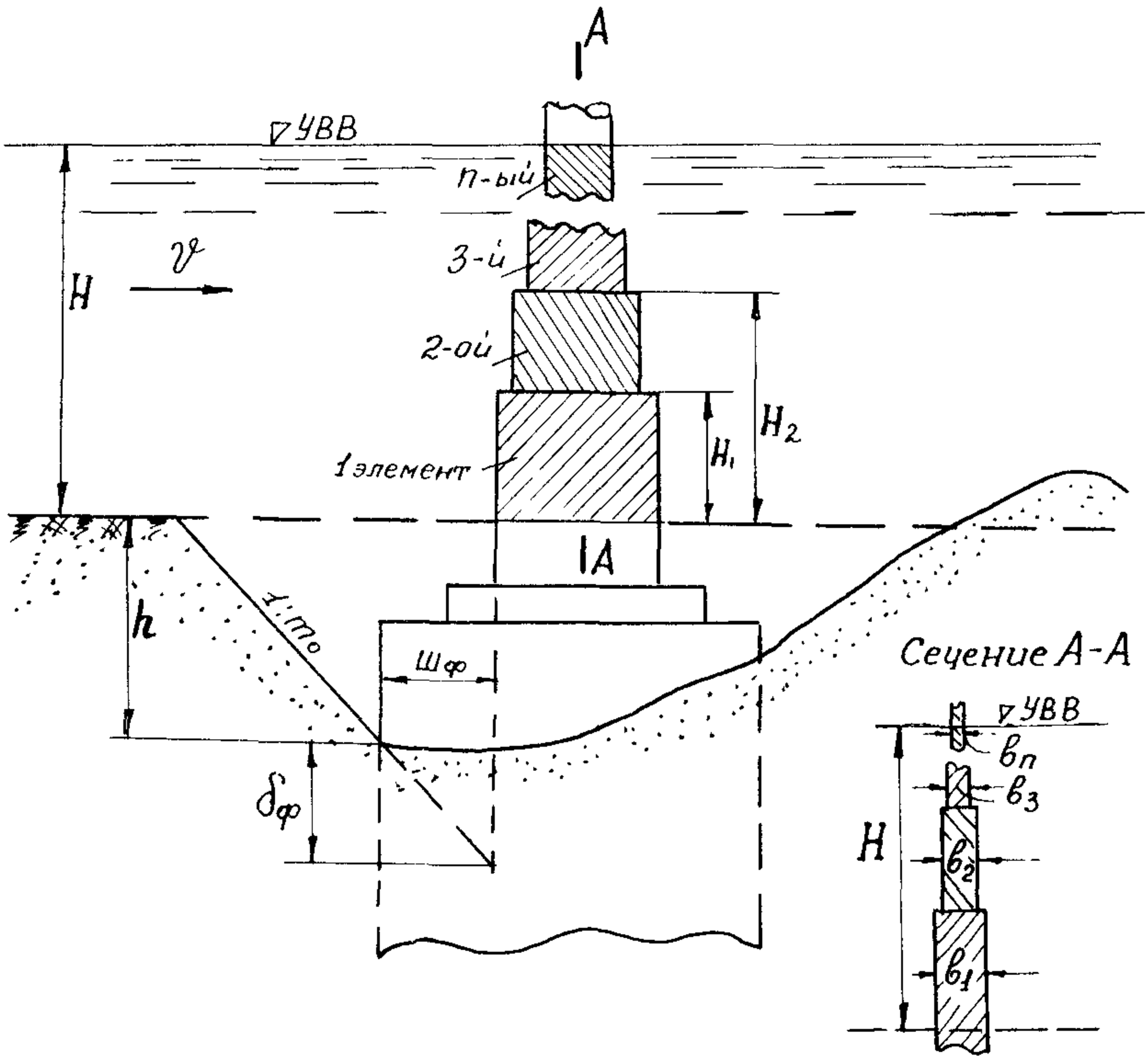


Рис. 10.7. Разделение опоры на элементы с постоянной шириной

Для связных грунтов в качестве среднего диаметра частиц d в формуле (10.50) принимают тройную толщину отрывающихся отдельностей ($d=3\,\delta$ —см. табл. 10.6).

8 Весовой коэффициент j-го элемента опоры (см. рис. 10 7) определяют по формуле

$$f_j=A_j\left(\frac{H_j}{H}\right)^{\varphi_j}-A_{j-1}\left(\frac{H_{j-1}}{H}\right)^{\varphi_{j-1}} \qquad (10.53)$$

где A, φ —коэффициент и показатель степени, принимаемые в зависимости от относительной высоты до верха j-го $\frac{H_j}{H}$ и $(j-1)$-го элемента при $H_j/H\geqslant 0{,}3$ (или $\frac{H_{j-1}}{H}\geqslant 0{,}3$) A=1, $\varphi=1/3$, при $H_j/H<0{,}3$ (или $\frac{H_{j-1}}{H}<0{,}3$) A=2,23, $\varphi=1$.

Счет элементов начинают от дна (см. рис. 10.7). Для последнего (находящегося у поверхности потока) n-го элемента $H_n=H$. Весовые коэффициенты первого и последнего элемента опоры соответственно равны:

$$f_1=A_1\left(\frac{H_1}{H}\right)^{\varphi_1},\quad f_n=1-A_{n-1}\left(\frac{H_{n-1}}{H}\right)^{\varphi_{n-1}}.$$

9. Коэффициент формы опоры M или ее элемента M_j определяют по табл. 10.12.

Таблица 10 12

Форма опоры	Цилиндрическая	С овальной или полуцирк передней гранью	Прямоугольная	С верховой стороны в виде двугранного угла Θ		
				120°	90°	60°
M	1,0	0,85	1,24	1,22	1,0	0,73
$2{,}53\,M^{1/3}$	—	2,40	2,72	2,70	2,53	2,27

Для прямоугольной опоры с закругленными углами коэффициент формы следует определять в зависимости от отношения радиуса закругления r и ширины опоры b:

$2\,r/b$	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1
M	1,24	1,20	1,18	1,15	1,11	1,01	0,94	0,85

Коэффициент формы M свайного основания с $n>1$ сваями в расчетном ряду определяют по формуле

$$M=M_{2c}M_{nc}, \qquad (10\,54)$$

где M_{2c}—коэффициент увеличения размыва у двух свай по сравнению с размывом у отдельной сваи

$$M_{2c}=0{,}56\left(\frac{Hv}{S\sqrt{gd}}\right)^{1/4}; \qquad (10.55)$$

M_{nc}—коэффициент увеличения размыва у n свай по сравнению с размывом у двух свай

$$M_{nc}=\frac{Ш_2}{Ш_n}(n-1),$$

S—расстояние в свету между сваями в ряду; $Ш_n$, $Ш_2$—полная ширина ряда из n свай и двух свай.

Для связных грунтов в формуле (10.55) принимают $d=3\delta$ (см. табл. 10.6).

Значения коэффициентов M_{2c} и M_{nc} следует принимать

при $M_{2c}\leqslant 1$	$M_{2c}=M_{nc}=1$
при $M_{2c}\geqslant 1{,}75$	$M_{2c}=1{,}75$
при $M_{2c}M_{nc}\geqslant 1{,}1n^{2/3}$	$M_{2c}M_{nc}=1{,}1n^{2/3}$

Коэффициент формы M у свайных оснований следует определять у расчетного ряда (рис. 10.8), в качестве которого принимают один из первых двух рядов свайного фундамента с наибольшей глубиной размыва и расположенных при $\alpha\leqslant 20°$ перпендикулярно продольной оси опоры, а при $\alpha>20°$—вдоль ее, где α—угол между продольной осью опоры и направлением набегающего на нее потока.

10. Если продольная ось опоры образует с направлением набегающего на нее потока угол $\alpha\geqslant 5°$, глубины размыва следует определять с учетом коэффициента косины K. Коэффициенты косины для всей опоры K и элемента опоры K_j следует определять по графику (рис. 10.9) или по формулам:

при $b_\alpha/b\leqslant 2{,}53M^{1/3}$ (зона I)

$$K=1+\frac{0{,}55}{M^{5/2}}\left(\frac{b_\alpha}{b}-1\right)^2; \qquad (10.56)$$

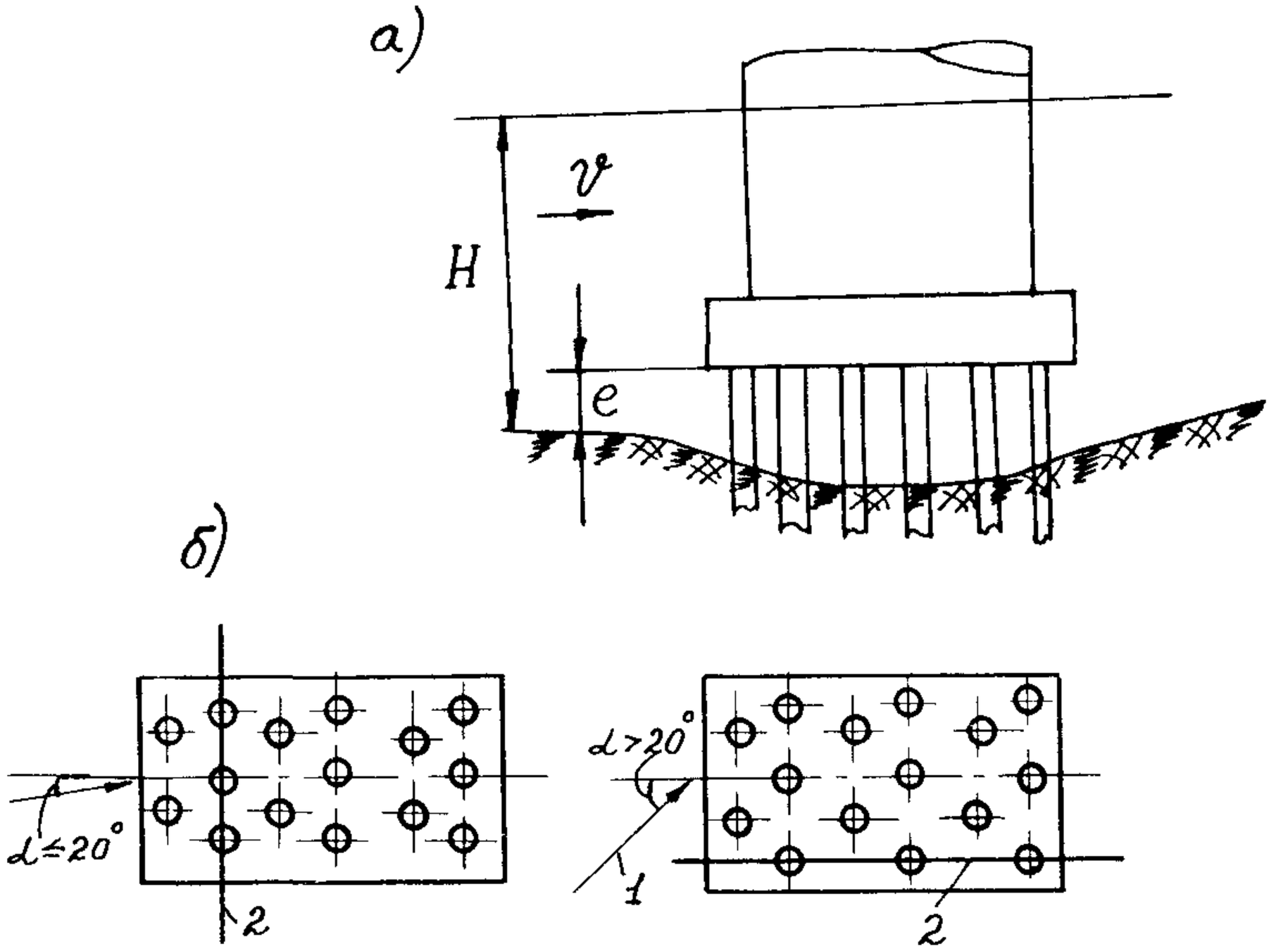


Рис. 10.8. К определению расчетного ряда свайного основания:
а—сечение опоры вдоль потока, *б*—план свай, *1*—направление течения, *2*—расчетный ряд

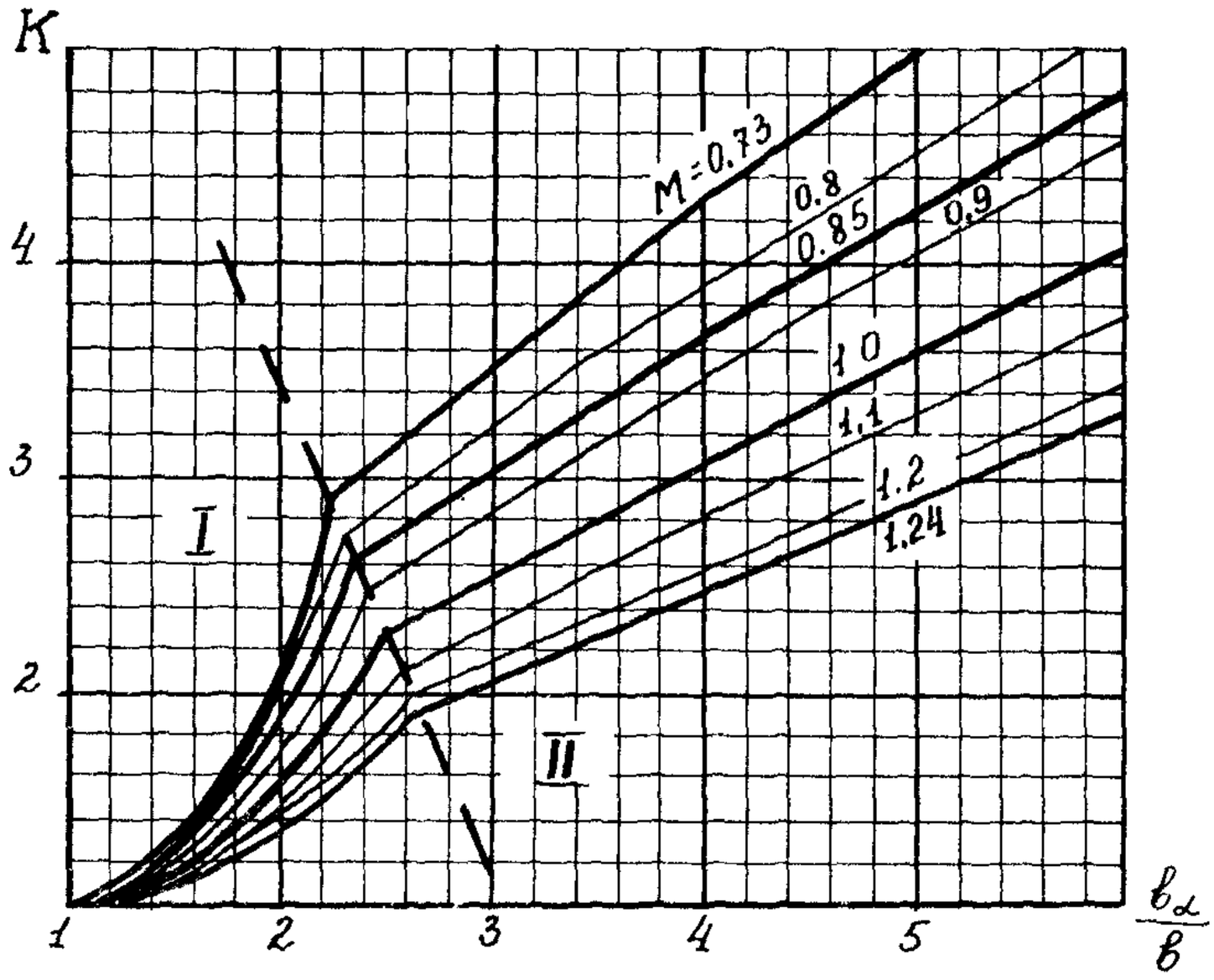


Рис 10 9 График для определения коэффициента косины К

при $\frac{b_\alpha}{b} > 2{,}53M^{1/3}$, (зона II)

$$K = \frac{1{,}24}{M} (b_\alpha/b)^{2/3} \qquad (10.57)$$

где b_α—приведенная ширина опоры или ее элемента, равная ширине их проекции на плоскость, нормальную направлению потока (рис 10 10)

Численное значение 2,53 $M^{1/3}$ приведено в табл 10 12.

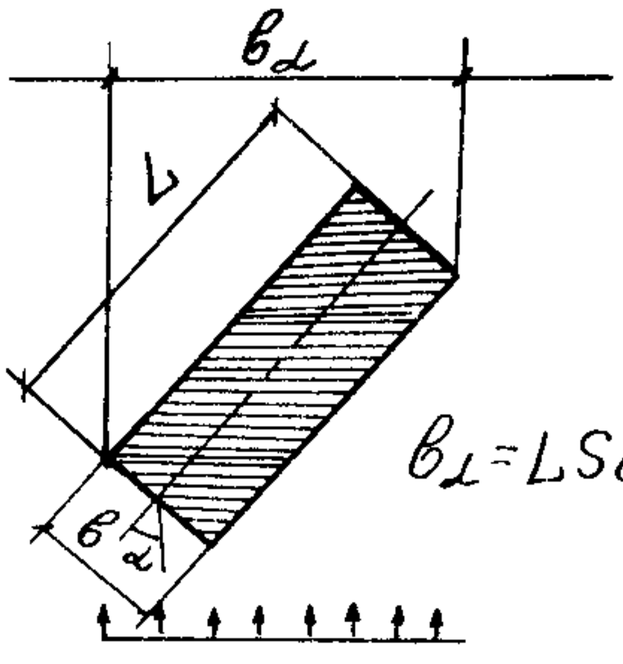
11. Коэффициент абразивности ε характеризует уменьшение устойчивости в потоке крупных частиц или связного материала, находящихся среди мелких и подвижных фракций.

Значения коэффициента ε при образовании отмостки принимают:

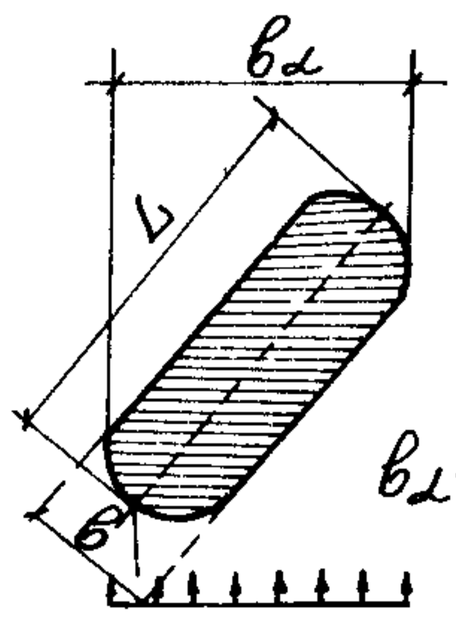
$D/d_м$	2	3	4	6	8	10	15	20	30	>30
ε	1,19	1,20	1,19	1,16	1,14	1,12	1,09	1,08	1,06	1,0

Средний диаметр частиц мелких фракций может быть принят равным среднему диаметру частиц донных наносов, поступающих в воронку местного размыва, а при отсутствии донных наносов— по формуле (10.31).

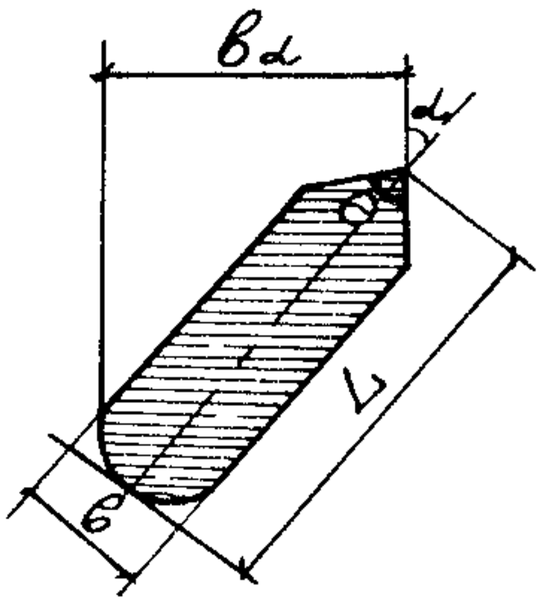
При размыве связных грунтов значения коэффициента ε принимают равным единице, когда нет поступления наносов в воронку размыва, и ε =1,16 при их поступлении.



$$b_\alpha = L\sin\alpha + b\cos\alpha$$



$$b_\alpha = (L-b)\sin\alpha + b$$

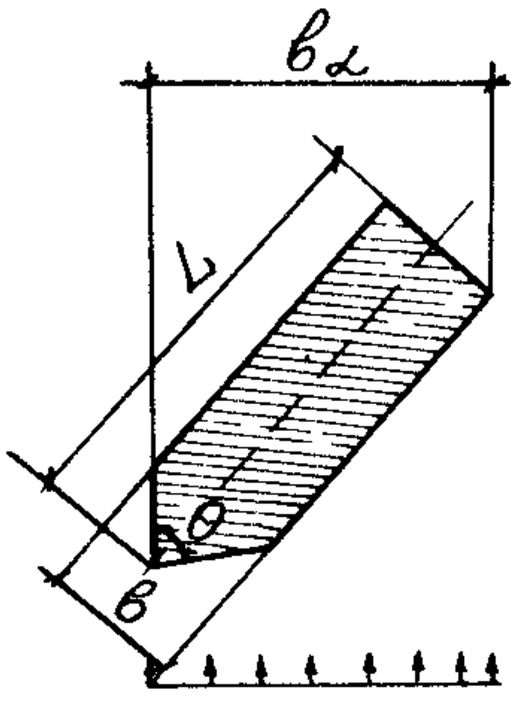


при $\alpha < \frac{\theta}{2}$

$$b_\alpha = L\sin\alpha + \frac{b}{2}\left(1 + \frac{\sin\left(\frac{\theta}{2}-\alpha\right)}{\sin\frac{\theta}{2}} - \sin\alpha\right)$$

при $\alpha \geqslant \frac{\theta}{2}$

$$b_\alpha = L\sin\alpha + \frac{b}{2}(1-\sin\alpha)$$

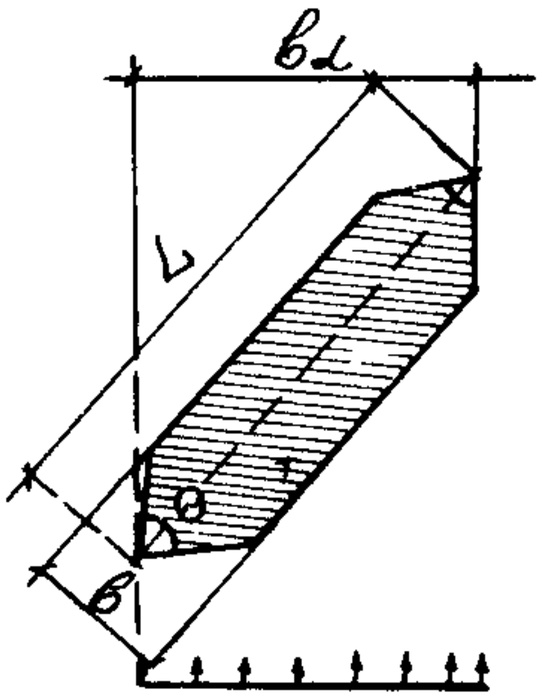


при $\alpha < \frac{\theta}{2}$

$$b_\alpha = \left(L - \frac{b}{tg\frac{\theta}{2}}\right)\sin\alpha + b\cos\alpha$$

при $\alpha \geqslant \frac{\theta}{2}$

$$b_\alpha = \left(L - \frac{b}{2tg\frac{\theta}{2}}\right)\sin\alpha + \frac{b}{2}\,\frac{\sin\left(\alpha+\frac{\theta}{2}\right)}{\sin\frac{\theta}{2}}$$



при $\alpha < \frac{\theta}{2}$

$$b_\alpha = \left(L - \frac{b}{tg\frac{\theta}{2}}\right)\sin\alpha + b\cos\alpha$$

при $\alpha \geqslant \frac{\theta}{2}$

$$b_\alpha = L\sin\alpha$$

Рис. 10.10. Формулы приведенных ширин опор b_α характерных форм

12. Приведенные выше формулы для расчета глубины местного размыва не охватывают расчет размыва у опоры на свайном основании при положении низа плиты ростверка над дном русла после общего размыва $e<0{,}3H$ (см рис 10 8). Для таких опор глубину местного размыва определяют по формуле

$$h=h_e+(h_м-h_e)\left(\frac{0{,}3H-e}{h_м+0{,}3H}\right)^{3/4}, \qquad (10\ 58)$$

где h_e—глубина размыва, определяемая по вышеприведенным формулам при положении низа плиты ростверка относительно дна после общего размыва $e=0{,}3H$, $h_м$—то же, при плите ростверка, низ которой заглублен ниже отметки возможных местных размывов (а ее верх—на проектной заданной отметке)

13 Если в процессе местного размыва обнажается часть массивного фундамента (см рис. 10.7), размеры которого в плане больше соответствующих размеров тела опоры, то такой фундамент уменьшает наибольшую глубину местного размыва на величину $\delta_ф$, равную

$$\delta_ф=Ш_ф m_0, \qquad (10\ 59)$$

где $Ш_ф$—суммарная ширина ступеней фундамента от ближайшей передней грани опоры (или фундамента), располагающейся выше отметки общего размыва, m_0—коэффициент заложения естественного откоса грунта, в котором происходит размыв (см табл 10 11)

10 6 Расчет подпоров и перепадов уровней воды у сооружений мостового перехода

1. Стеснение потока подходными насыпями приводит к повышению уровня воды в паводок в верхнем бьефе перехода

В продольном профиле поверхности воды по динамической оси потока* перед мостовым переходом можно выделить два участка (рис 10 11). кривая подпора (от начала влияния мостового перехода), в пределах которой уровни повышаются, и кривая спада.

В районе границы двух участков разность подпертой и бытовой глубин достигает наибольшей величины, называемой предмостовым подпором $\Delta h_в$

В верхнем бьефе уклон потока вдоль насыпи переменный; величина его возрастает от борта долины к главному руслу. Подпод воды у насыпи $\Delta h_н$ увеличивается в противоположном направлении—от главного русла к борту У борта подпор наибольший Δh_{max}, называемый максимальным подпором.

В нижнем бьефе уклон свободной поверхности вдоль насыпи более пологий, чем перед насыпью, и направлен от главного русла По этой причине перепад уровней z между отметками свободной поверхности в нижнем и верхнем бьефах насыпи увеличивается от главного русла к борту долины, где принимает наибольшее значение z_{max}—наибольший перепад уровней

---

* Динамическая ось потока—линия, соединяющая вдоль потока наибольшие средние на вертикалях скорости потока, совпадающая, как правило, со стержнем—линией, соединяющей поверхностные скорости

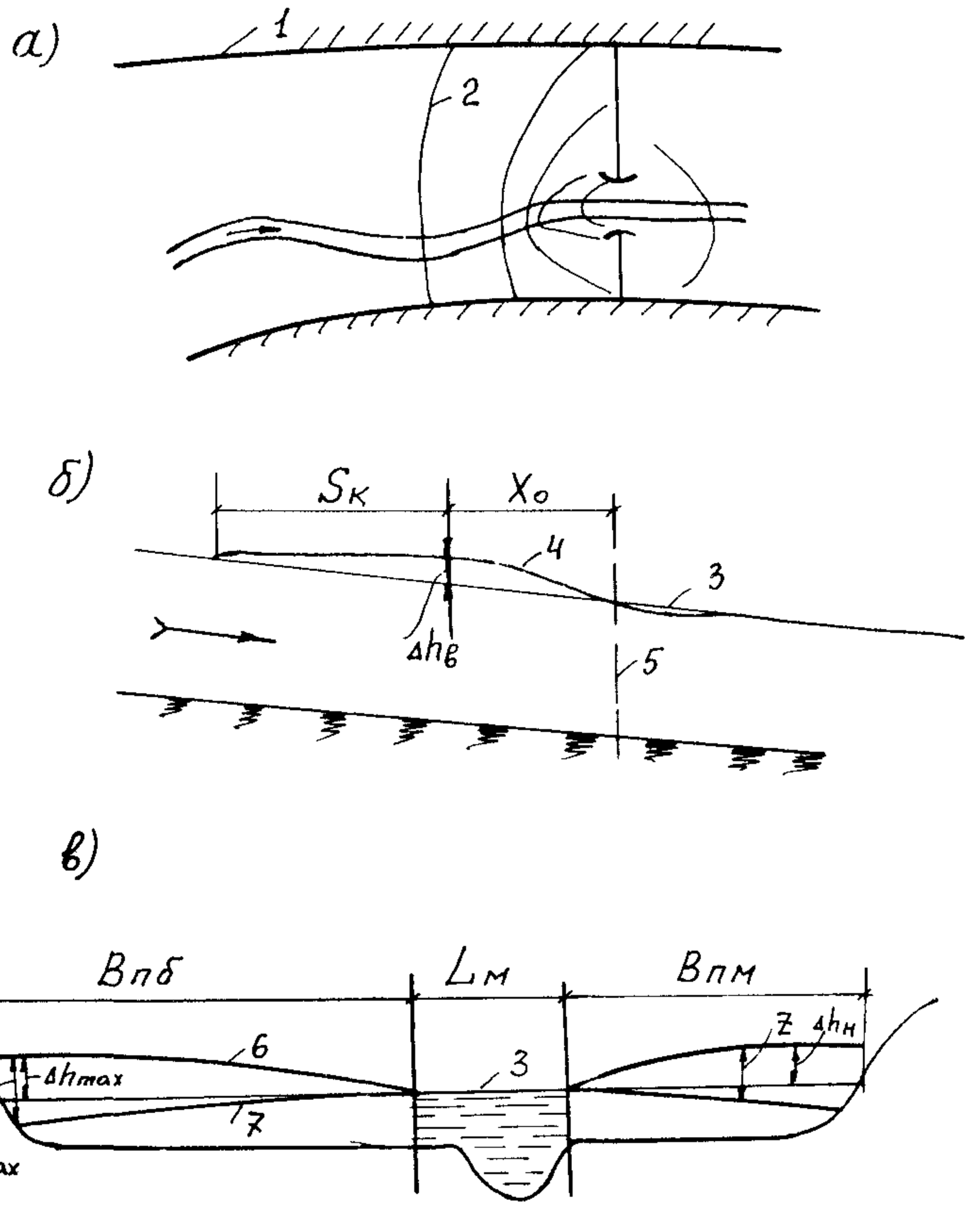


Рис 10 11 Рельеф водной поверхности в районе мостового перехода

а—схематизированный план водной поверхности, *б*—продольный профиль водной поверхности, *в*—профили водной поверхности с верховой (*6*) и низовой (*7*) сторон подходной насыпи *1*—граница разлива, *2*—горизонтали водной поверхности, *3*—водная поверхность нестесненного потока, *4*—то же стесненного потока, *5*—створ перехода, *6*—водная поверхность с верховой стороны перехода, *7*—то же с низовой стороны

2. При проектировании мостовых переходов определяют следующие параметры изменения рельефа водной поверхности стесненного потока (см. рис. 10.11):

подпор у подходной насыпи с верховой ее стороны $\Delta h_н$ (для назначения бровки земляного полотна);

перепад уровней воды z между верхним и нижним бьефами насыпи (для расчета групповых отверстий и проверки отсутствия фильтрационных деформаций в теле насыпи);

предмостовой подпор $\Delta h_в$ и его положение (расстояние X_0 от створа моста (для расчета струенаправляющих дамб).

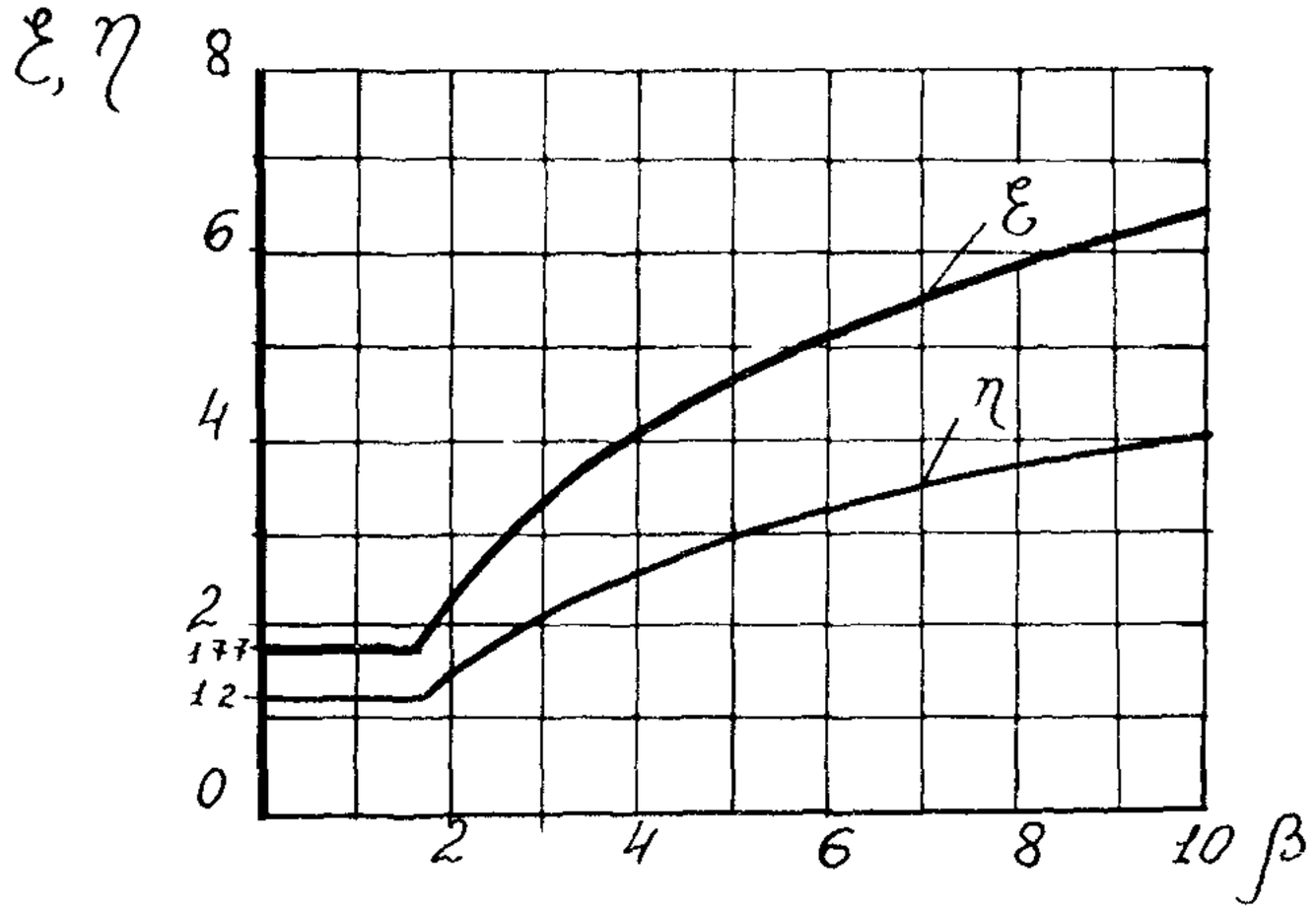


Рис. 10.12 График для определения коэффициентов сопротивления мостов ε и η

3. Максимальный подпор у насыпи определяют [42] по формуле

$$\Delta h_{max} = \eta \frac{v_м^2}{2g}, \qquad (10.60)$$

где η —коэффициент сопротивления моста, определяемый по графику (рис. 10.12) или по формуле

$$\eta = 3{,}85 \lg \beta + 0{,}25; \qquad (10.61)$$

при $\beta \leqslant 1{,}75$ принимают $\eta = 1{,}2$; β —параметр, определяемый по формуле

$$\beta = \frac{\lambda_р}{H_р} \gamma_р L_{разл}; \qquad (10.62)$$

$\lambda_р$—коэффициент трения, равный

$$\lambda_р = \frac{2g}{C^2} = 2g \frac{n_р^2}{H_р^{1/3}}; \qquad (10.63)$$

$H_р$, $n_р$—глубина русла в расчетный паводок и коэффициент его шероховатости; $\gamma_р$—коэффициент извилистости русла, равный отношению фактической его длины на участке $^1/_3 L_{разл}$ ниже и $^2/_3 L_{разл}$ выше створа перехода к проекции этой длины русла на перпендикуляр к створу моста (т. е. $L_{разл}$); для практических расчетов можно принимать значение коэффициента $\gamma_р$:

1,0—1,1—русло близко к прямолинейному;

1,1—1,2—русло средней извилистости (не относящееся к свободному и незавершенному меандрированию);

1,2—1,5—русла сильноизвилистые;

$L_{разл}$—расчетная ширина разлива, определяемая по формуле

$$L_{разл} = B_{пб}\left(1 + \frac{L_м}{B_{пб} + B_{пм}}\right); \qquad (10.64)$$

$B_{пб}$, $B_{пм}$—ширина широкой и узкой пойм, перекрытых насыпью; $v_м$—средняя скорость под мостом, принимаемая на пике расчетного паводка, проходящего в первый год эксплуатации моста, или при расчете размывов без учета фактора времени (с запасом) на момент осуществления $\alpha_р=50\%$ от полного размыва при продолжительных (снеговых) и $\alpha_р=25\%$ при непродолжительных (ливневых) паводках

$$v_м = \frac{Q}{\omega_{бм}\cdot(1+(P-1)\alpha_р)}; \qquad (10\,65)$$

$\omega_{мб}$—площадь подмостового сечения до размыва с учетом срезки; P—коэффициент общего размыва

В расчетах $\alpha_р$ принимают в долях единицы.

4. Максимальный перепад уровней у насыпи определяют [42] по формуле

$$Z_{max} = \zeta \frac{v_м^2}{2g}, \qquad (10\,66)$$

где ζ—коэффициент сопротивления моста, равный при $\beta \geqslant 1{,}75$;

$$\zeta = 6{,}25 \lg \beta + 0{,}25. \qquad (10.67)$$

При $\beta < 1{,}75$ принимают $\zeta = 1{,}77$.

Для определения коэффициента ζ по формуле (10.67) можно пользоваться графиком (рис. 10.12).

5. Предмостовой подпор определяют по формуле

$$\Delta h_в = \Delta h_{max} - iX_0, \qquad (10\,68)$$

где i—уклон нестесненного водного потока в паводок, X_0—расстояние от створа моста до вертикали, где устанавливается предмостовой подпор (см. рис. 10 11), определяемое по формуле И С Ротенбурга

$$X_0 = av_б\sqrt{\frac{L_{разл}}{gi}}; \qquad (10.69)$$

a—коэффициент, принимаемый по формуле

$$a = 1{,}15\left(\frac{\omega}{\omega_{мб}}\right)^{2/3} - 0{,}8\left(\frac{Q}{Q_{мб}}\right)\frac{v_б}{\sqrt{gL_{разл}i}}; \qquad (10.70)$$

$v_б$—средняя скорость потока по всему живому сечению нестесненного потока.

В случаях, когда по формуле (10.70) получают коэффициент a, выходящий из диапазона $0{,}4 \leqslant a \leqslant 2{,}5$, то к расчету принимают значение a, равное крайнему значению указанного диапазона.

Длину кривой подпора $S_к$ от вертикали X_0 и отметки свободной поверхности на участке этой кривой находят в соответствии с п 8 1.

Пример определения максимального и предмостового подпора приведен в прил. 14.1.

6. Подпор $\Delta h_н$ и перепад уровней z у насыпи на расстоянии l от устоя моста на большой пойме определяют по верхней кривой графика (рис. 10.13) в зависимости от $l/B_{пб}$ и максимальных значений Δh_{max} или z_{max}.

На малой пойме значения $\Delta h_н$ и z определяют по графику (см. рис. 10 13) по соответствующей кривой, характеризующей

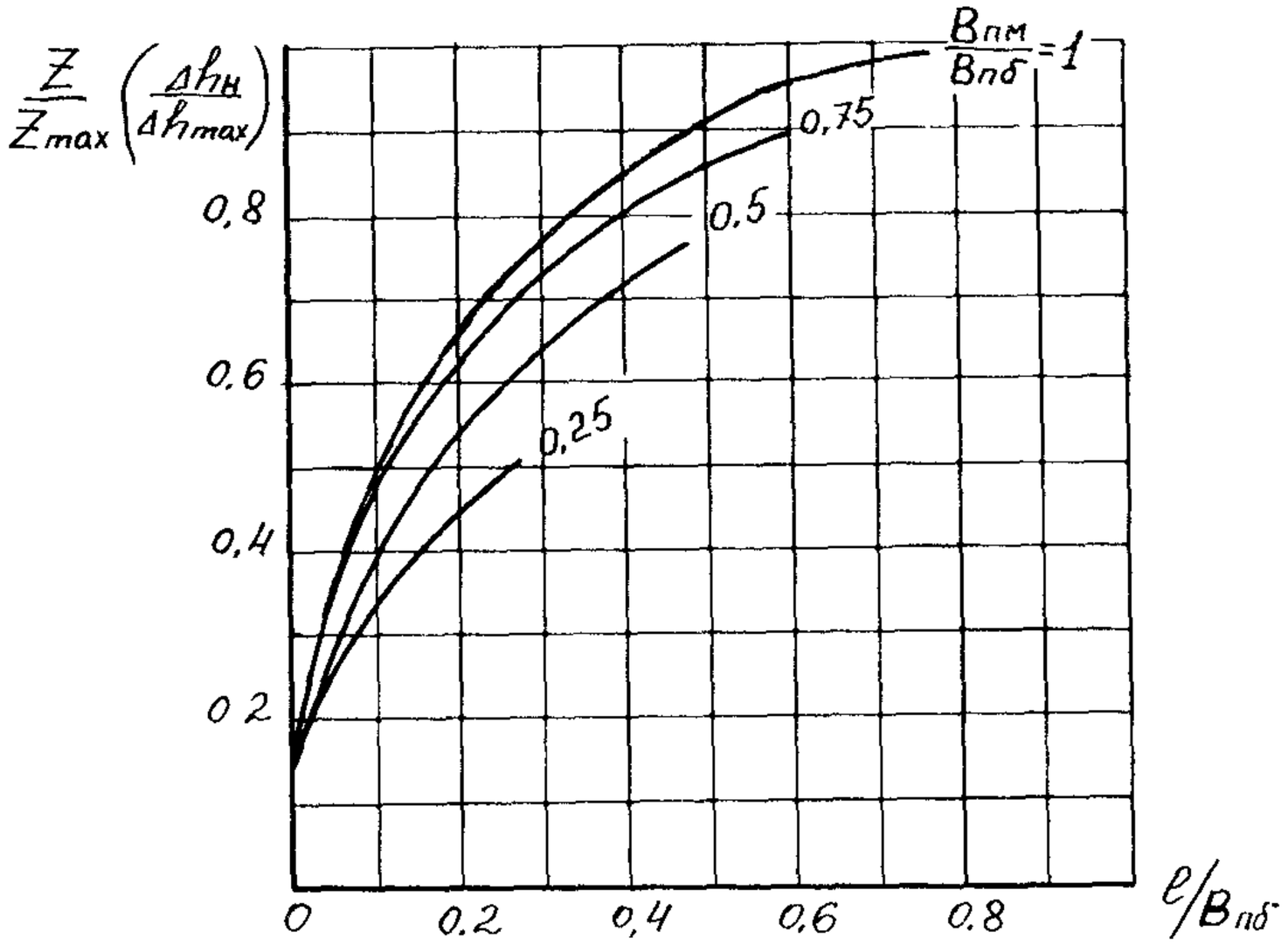
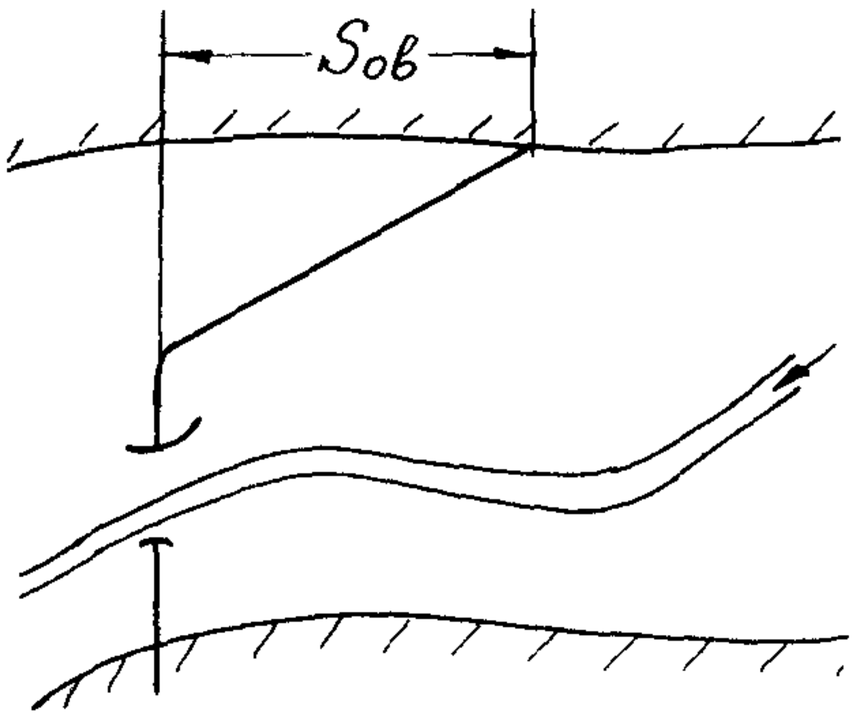


Рис 10 13 График для определения относительных подпо ра $\Delta h_н/\Delta h_{max}$ и перепада уровней z/z_{max} у насыпи

относительную ширину $B_{пм}/B_{пб}$ малой поймы. По указанной кривой определяют значения $\Delta h_н$ и z у борта долины со стороны малой поймы.

Понижение отметок свободной поверхности (от бытовых) в нижнем бьефе у насыпи равно $(z-\Delta h_н)$.

В случае косого пересечения потока подходной насыпью, направленной вверх по течению от оси моста, значения подпоров и перепадов у насыпи определяют по вышеприведенным формулам, в которых в качестве исходных данных следует принимать (при назначении $B_{пб}$ и $B_{пи}$) расстояние вдоль насыпи (а не проекцию насыпи на створ, перпендикулярный направлению течения в реке)



В этом случае предмостовой подпор определяют по формуле

$$\Delta h_в = \Delta h_{max} - i(X_0 = S_{ов}), \quad (10.71)$$

где $S_{ов}$—расстояние вверх по течению от створа моста до выхода насыпи за пределы разлива реки (рис 10 14)

При $S_{ов} \geqslant X_0$ в расчетах принимают $X_0 = S_{ов}$.

Рис 10 14 План косого пересечения пойменного потока подходной насыпью

8. Два параллельных перехода, расположенных на расстоянии S друг от друга вдоль по течению, увеличивают гидравлическое сопротивление потоку. Максимальный подпор Δh_{max} при этом перед верховым переходом становится больше, чем у одиночного перехода, на величину, которая приближенно может быть определена по формуле И. С. Ротенбурга

$$\delta = i\varphi\left[\left(\frac{Q}{Q_{бм}}\right)^2 - 1\right], \qquad (10.72)$$

где φ —коэффициент, определяемый по формуле

$$\varphi = 70H_{мб}(\mu - S/H_{мб})/(\mu - 70); \qquad (10.73)$$

$H_{мб}$—средняя глубина воды в естественном состоянии в русле; μ —параметр, зависящий от отношения $Q/Q_{бм}$ (для низового перехода):

$Q/Q_{бм}$	1,25	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
μ	250	400	700	1000	1300	1900

Формула (10.72) справедлива при $\mu > S/H_{мб}$.

При $\mu \leqslant S/H_{мб}$ следует принимать $\delta = 0$.

10.7. Косвенные способы оценки гидроморфологических данных для приближенного назначения отверстий мостов

1. На стадии составления программы изыскательских работ, а также оценки предварительной ориентировочной стоимости мостовых переходов могут быть полезны морфометрические и гидрологические закономерности речных потоков.

2. Расход весеннего половодья $Q_{1\%}$ вероятности превышения приближенно по данным В. В. Невского определяют по табл 10 13 в зависимости от ширины русла $B_р$.

Таблица 10 13

$B_р$, м	50	60	70	80	90	100	120
$Q_{1\%}$, м³/с	700	950	1200	1400	1700	1900	2400
$B_р$, м	140	160	180	200	220	240	260
$Q_{1\%}$, м³/с	2800	3300	3700	4200	4600	5100	5500

3. Если ширина русла реки в бровках $B_р$ ясно выражена на используемой карте, то средняя глубина потока в бровках русла $H_р$ связана с гидроморфологическими параметрами русла зависимостями:

по критерию Железнякова-Гришанина [8]

$$H_р = \frac{м\sqrt{\overline{Q}}}{(gB_р)^{1/4}} \qquad (10.74)$$

или из уравнения Шези:

$$H_{\text{р}} = \frac{\bar{Q} n_{\text{р}}}{B_{\text{р}} \sqrt{i}}, \qquad (10\,75)$$

где м—параметр устойчивости русла, принимаемый равным 1,3—1,2 при свободном меандрировании, незавершенном—1,1—1,9, побочневом—1,0—0,8 и осередковом русле 0,5—0,4, $\bar{Q}$—расход воды в бровках русла; g—ускорение свободного падения; $n_{\text{р}}$—коэффициент шероховатости русла, принимаемый по прил 3 3.

Расход воды в бровках русла можно принимать вероятностью превышения 40% и определять при известном расходе 1% вероятностью превышения по формуле

$$\bar{Q} = Q_{40\%} = Q_{1\%} \frac{k_{40}}{k_1}, \qquad (10\,76)$$

где k_1, k_{40}—ординаты интегральных кривых распределения вероятностей (см. прил 7 3) соответственно $p=1\%$ и $p=40\%$

При определении указанных ординат коэффициент вариации C_v максимумов расходов воды принимают согласно СНиП 2 01.14—83 (по соответствующим картам районирования территории СССР), а коэффициент асимметрии C_s в зависимости от C_v:

C_v	$\leqslant 0{,}6$	0,8	$\geqslant 1{,}0$
C_s/C_v	2	3	4,0

4. Если ширина русла реки в данном масштабе карты четко не выражена, то приближенно:

$$B_{\text{р}} = 0{,}82 \frac{\sqrt{\bar{Q}}}{\text{м}^2 d^{0{,}3}}, \qquad (10.77)$$

где d—крупность несвязного грунта

5. Приведенные зависимости $H_{\text{р}} = f(\bar{Q})$ и $B_{\text{р}} = f(\bar{Q})$ необходимо увязать с таблицей динамических скоростей с учетом вероятности расхода примерно 40% (см. прил. 3 4) или с табл. 10.14, если известна только общая характеристика грунта.

Таблица 10 14

№ пп	Характеристика грунтов, слагающих речные русла: Наименование	Принятая крупность, мм	Значения средних скоростей течения в бровках русла $v_{\text{р}}$, м/с при средней глубине русла, $H_{\text{р}}$, м: 2	3	4	5	6	7	8
1	Мелкий песок	0,25	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
2	Средний песок и мелкий песок с гравием	0,5	0,70	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	1,05
3	Крупный песок и средний песок с гравием	2	0,90	1,0	1,10	1,20	1,25	1,30	1,35

Продолжение

№ пп	Характеристика грунтов, слагающих речные русла		Значения средних скоростей течения в бровках русла $v_р$, м/с при средней глубине русла, $H_р$, м						
	Наименование	Принятая крупность, мм	2	3	4	5	6	7	8
4	Гравий с крупным песком	6	1,10	1,25	1,40	1,5	1,55	1,60	1,70
5	Мелкая галька с гравием и песком	15	1,35	1,50	1,65	1,75	1,90	2,0	2,05
6	Средняя галька с гравием и песком	25	1,70	1,70	1,85	1,95	2,10	2,2	2,25
7	Крупная галька с гравием	50	1,70	1,95	2,10	2,25	2,40	2,50	2,60
8	Булыжник с гравием и галькой	100	2,0	2,20	2,40	2,60	2,75	2,90	3,0
9	Крупный булыжник с галькой	200	2,25	2,55	2,80	3,0	3,15	3,30	3,45

6. При известных расходах в русле и речной долине отверстие моста может быть определено по формуле

$$L_м \geqslant B_р \frac{Q}{Q_{рб} P^{y}_{доп}} \qquad (10.78)$$

где $P_{доп}$—допустимый нормами коэффициент общего размыва, y—показатель степени, принимаемый как для формулы (10 21).

Глава 11. РАСЧЕТ ОТВЕРСТИЙ МОСТОВ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

11.1. Мосты, расположенные ниже плотин

1. В классификации Государственного гидрологического института [31] антропогенной деятельности в бассейнах рек плотины отнесены к I категории речных инженерных сооружений, наиболее активно воздействующих на бытовой режим реки. Плотины аккумулируют и перераспределяют жидкую и твердую фазы стока. Как следствие этого—изменяют естественный русловой процесс.

Степень и особенности воздействия плотин на мостовые переходы. расположенные в нижнем бьефе этих сооружений, связаны с капитальностью плотин. По этому признаку различают плотины капитальные и некапитальные (см. п. 4.3).

2. К некапитальным относятся плотины, которые могут быть прорваны (получить отказ) при расчетных для мостового перехода гидрологических условиях. К ним обычно относятся плотины на прудах и в бассейнах малых водотоков, построенные землепользователями для сельскохозяйственных целей. Такие плотины аккумулируют только часть расхода воды, проходящего в высокие паводки. Чем ниже гребень плотины от расчетного (для проектируемого мостового перехода) уровня воды, тем меньше степень влияния плотины на мостовой переход, расположенный ниже ее.

Если некапитальные плотины не перекрывают русло, через которое проектируют мост, в расчетах достаточно учесть только увеличение в расчетный паводок расход воды в связи с прорывом плотины.

Если плотина расположена в русле, то к расчету принимают наиболее неблагоприятные условия: или прорыв плотины, или перелив через нее без поступления наносов к подмостовому сечению.

3. Для мостов, расположенных ниже капитальных плотин, расчетный расход воды следует назначать с учетом расчетного случая работы гидротехнических сооружений (см. п. 9 в п. 7.1).

На больших водохранилищах, осуществляемых многолетнее регулирование, возможно уменьшение расчетных расходов за счет «срезки» максимального расхода при проходе паводков, что должно быть учтено при проектировании мостовых переходов.

Кроме возможного снижения расчетного расхода, на мостах, расположенных ниже плотин, как правило, не требуется регулирование пойменного потока (струенаправляющих дамб).

4. Основной особенностью и сложностью проектирования мостовых переходов, расположенных ниже капитальных плотин, является определение русловых деформаций (и связанное с ним фундирование опор).

Непосредственной причиной понижения дна в нижнем бьефе плотин является задержка руслоформирующих наносов и поступ-

ление осветленного потока к мостовому переходу. Процесс понижения дна сопровождается понижением уровня воды, в связи с чем эти процессы не затухают. Стабилизация размыва возможна при:

1) достижении естественного базиса эрозии;
2) обнажении неразмываемых грунтов;
3) образовании естественной отмостки.

5. В случае, когда русло сложено легкоразмываемыми грунтами (песками), в нижнем бьефе плотины возможно понижение дна до естественного базиса эрозии.

Под базисом эрозии понимается нижний предел врезания русла реки, определяемый наинизшими отметками воды на лимитирующих участках (устье рек, мелководные перекаты и пр.).

В указанном случае общий размыв под мостом отсчитывается от отметки стабилизированного дна русла.

6. Под неразмываемой породой, обнажаемой в процессе общего понижения русла в нижнем бьефе плотин, понимается грунт, неразмывающая скорость которого (при глубине $H_{рб}$) $v_{он} > \frac{Q}{H_{рб} B_р}$, где $B_р$—ширина русла. В этом случае общий размыв под мостом отсчитывается от верха обнажаемой породы при удельном расходе под мостом $q = Q/L_м$; глубина потока под мостом равна $H = H_{рб} + \Delta h$. Общий размыв Δh определяют для условий отсутствия поступления наносов.

7. Если в подмостовом сечении на глубине Δ обнажается неоднородный несвязный грунт, удовлетворяющий условию $\frac{d_{max}}{d} > 2$, где d, d_{max}—средний диаметр и диаметр самой крупной фракции материала, то для образования отмостки под мостом отверстие моста должно быть

$$L_м > 0{,}87 \frac{Q}{\sqrt{g} H_{рб}^{1{,}25} d_{max}^{0{,}25}}, \qquad (11.1)$$

где $H_{рб}$—глубина потока в русле в бытовых условиях.

При образовании отмостки глубину размыва в подмостовом сечении определяют по формуле

$$\Delta h = \Delta + 0{,}7D \frac{1-k}{k},$$

где D—средний диаметр частиц отмостки и их содержание по массе в грунте k находят подбором из уравнения (10 29)

Местный размыв у опор определяют в этом случае для нижележащего под слоем отмостки грунта при отсутствии поступления наносов в воронку размыва и при глубине потока $H_{рб} + \Delta h$.

8. В перечисленных случаях расчет размывов производят в предположении полного отсутствия поступления наносов к створу моста. Такое допущение, особенно в случае стабилизации размыва при достижении базиса эрозии, может привести к значи-

тельным завышениям размыва, поскольку на некотором расстоянии от створа плотины наносы с размываемых участков компенсируют дефицит наносов в русле. Поэтому более точно русловые деформации в нижнем бьефе плотин до последнего времени рассчитывали по методу К. И. Россинского и И. А. Кузьмина, разбивая нижний бьеф на однородные по ширине и геологическому строению участки длиной Δl_i. Деформации дна на i-ом участке за интервал времени паводка Δt_i определяют из уравнения баланса наносов в конечных разностях

$$\Delta h_i = \frac{G_i - G_{i-1}}{\rho_r B_i \Delta l_i},$$

где G_{i-1}, G_i—расход наносов, поступающих на расчетный участок и выносимых с него; B_i—средняя ширина участка, ρ_r—плотность сухого грунта

Расчет деформаций начинают с ближайшего к плотине участка вниз по течению до участка, где деформаций не будет. Этот метод позволяет учесть фактор времени, но трудоемкий. При использовании ЭВМ задача может реализоваться в одномерной постановке совместного решения уравнений неравномерного медленно изменяющегося движения жидкости и баланса наносов или более полно—по комплексу программ, включающих двумерную (плановую) гидравлику (см. п. 6.3).

9. Для приближенной оценки длины участка l, где понижение дна прекращается, и понижения дна на расстоянии X от створа плотины можно пользоваться формулой

$$l = h/(i - i_0), \tag{11.2}$$

где h—глубина местного размыва за плотиной, определяемая по формуле Б И Студеничникова, которая приведена к виду

$$h = 1{,}25\left(\frac{q}{\sqrt{g}d^{0{,}25}}\right) - H_{\text{рб}}, \tag{11.3}$$

$q = Q/B_{\text{р}}$—удельный расход воды, i, i_0—уклоны свободной поверхности соответственно бытовой и соответствующий неразмывающей скорости $i_0 = \frac{v_{\text{о}}^2}{C^2 H_{\text{рб}}}$; C—коэффициент Шези

Тогда на расстоянии $x \leqslant l$ от створа плотины понижение дна будет равно

$$h_x = h(1 - x/l). \tag{11.4}$$

Если полученная по формуле (11.2) длина участка l будет превышать расстояние, например, до устья реки, то понижение дна на участке, отстоящем на $l_{\text{бэ}}$ от створа базиса эрозии, определяют по формуле

$$h_{\text{бэ}} = \frac{l_{\text{бэ}}}{i - i_0}. \tag{11.5}$$

Пример Определить общее понижение русла в створе моста, расположенного ниже в 50 км на транзитном участке от капитальной плотины и в 150 км

выше устья реки В районе перехода русло реки шириной $B_р = 120$ м; в расчетный паводок при $H_{рб} = 8$ м и $i = 0{,}0002$ оно пропускает $Q = 1750$ м³/с; коэффициент шероховатости русла $n_р = 0{,}03$ Геологическое строение. однородные крупнозернистые пески со средним диаметром частиц $d = 2$ мм

Определяем глубину местного размыва у плотины (при $q = \frac{1750}{120} = 14{,}6$ м²/с).

$$h = 1{,}25 \left(\frac{14{,}6}{\sqrt{9{,}8} \cdot 0{,}002^{0{,}25}} \right)^{0{,}8} - 8 = 14{,}8 - 8 = 6{,}8 \text{ м}$$

При коэффициенте Шези (по Маннингу) $C = \frac{H_{рб}^{1/6}}{n_р} = \frac{8^{1/6}}{0{,}03} = 47{,}2$ и неразмывающей скорости (по Б И Студеничникову) $v_0 = 1{,}28$ м/с уклон свободной поверхности

$$i_0 = \frac{1{,}28^2}{47{,}2^2 \cdot 8} = 0{,}00009.$$

По формуле (11 2) длина участка от створа плотины, где прекращается понижение дна, равно $l = \frac{6{,}8}{0{,}0002 - 0{,}00009} = 62$ км, что меньше расстояния от створа плотины до устья реки (50+150=200 км). Понижение русла в створе моста $h_x = 6{,}8\left(1 - \frac{50}{62}\right) = 1{,}32$ м.

11.2. Расчет групповых отверстий

1. Групповыми отверстиями называются два и более водопропускных сооружения, расположенных в одной речной долине* или нескольких долинах, сообщающихся (происходит перелив) в расчетные паводки.

В зависимости от распределения расчетного расхода воды между водопропускными сооружениями расчет групповых отверстий подразделяют на три возможных случая:

а) в речной долине, кроме моста через главное русло, требуются малые пойменные отверстия, пропускающие до 1% расхода воды в расчетный паводок;

б) то же, при пойменном отверстии через вторичный проток (который в период всех циклов руслового процесса в реке не возьмет на себя роль главного русла), пропускающий до 30% расхода воды в расчетный паводок;

в) мосты через главные русла в сообщающихся в расчетный паводок долинах или мосты через протоки (главным образом, при пойменной многорукавности), пропускающие более 30% расчетного расхода.

Расчет групповых отверстий является в общем случае многовариантной задачей, в результате которой обосновывают один из рассматриваемых вариантов компоновки отверстий, принятых из условий обеспечения требований норм, минимизации строи-

* К групповым отверстиям не относятся водопропускные сооружения в одной речной долине через водотоки, бассейны которых отделены друг от друга водоразделительной дамбой, а также сооружения шандорного типа, закрывающиеся в период пропуска паводочных расходов воды.

тельных и эксплуатационных затрат, ситуационных особенностей и т п

В первых двух случаях («а» и «б») расчет сводится к определению величины отверстия (или отверстий) на пойме при заданном отверстии через главное русло В случае «в», как правило, рассматривают варианты размеров мостов всех групповых отверстий

2 В случае, предусмотренном пп 1а и 1б проектные решения должны быть направлены на обеспечение минимальной водопропускной способности пойменных сооружений В связи с этим струенаправляющие дамбы для указанных сооружений не устраивают

При выборе типов пойменных сооружений предпочтение следует отдавать водопропускным трубам и мостам с закрепленным руслом, приспособленным к пропуску больших по величине скоростей потока При этом СНиПом 2 05 03—84 разрешается полунапорный и напорный режим работы водопропускных труб, в том числе и гофрированных, на всех дорогах, кроме железных общей сети, на которых эти режимы возможны только при пропуске наибольшего расхода

Требования по устройству гофрированных труб регламентируются ведомственной Инструкцией ВСН 176—78 [23]

Размеры отверстии мостов с неразмываемым руслом должны быть, а с размываемым руслом стремиться назначать минимально возможными из условия расположения подошвы конусов вне русла пересекаемого водотока При этом, назначение коэффициента общего размыва под малыми и средними пойменными мостами более допустимого $P_{доп}$ не противоречит п 1 31 СНИП 2 05 03—84

При размещении водопропускных отверстий следует иметь в виду, что в более благоприятных гидравлических условиях находятся пойменные сооружения, расположенные ближе к главному руслу

3 Водопропускное сооружение в пойменном подходе можно не устраивать (при соответствующем согласовании с заинтересованными организациями), если возможен перепуск в другое пониженное место При этом не должны ухудшаться экологические условия по заболачиванию поймы Вторичные протоки, берущие начало и впадающие в главное русло, при их перекрытии насыпью обычно не заболачивают поймы К благоприятным условиям спрямления вторичного протока относятся

возможность использования грунта из спрямленного участка протока для возведения насыпи,

расположение водопропускного сооружения на спрямленном протоке ближе к главному руслу,

снижение строительной стоимости за счет использования технологии возведения моста «насухо»

4 Расчет водопропускной способности пойменных мостов [42] (т е расхода воды, проходящего через пойменное сооружение) сводится к нахождению наибольшего перепада z_{0i} между верхним

и нижним бьефами подходной насыпи на участке поймы от главного русла до рассматриваемого сооружения (рис. 11.1).

Водопропускную способность моста через главное русло определяют максимальным перепадом z_{max} у борта речной долины со стороны широкой поймы $B_{пб}$.

Перепад уровней z_{0i} определяют как часть максимального перепада z_{max} в зависимости от расстояния до главного русла и фиктивной ширины широкой поймы $B_ф$ (см. п. 7).

Расход воды, проходящей через пойменное сооружение, определяют по формуле

$$Q_{пр} = v_{пр}\omega_{пр}, \qquad (11.6)$$

где $v_{пр}, \omega_{пр}$—средняя скорость и площадь живого сечения потока под мостом.

Скорость потока определяют по формуле

$$v_{пр} = \sqrt{2gz_0/\zeta}; \qquad (11.7)$$

ζ—коэффициент сопротивления водопропускного сооружения, определяемый по формуле (10.67) или графику (рис 10 12).

При определении площади живого сечения $\omega_{пр}$ можно (с некоторым приближением) принимать уровень воды в сооружении, равным бытовому ($УВВ_{р\%}$).

5. В случае, предусмотренном п. 1а, допускается определять перепад z_0 согласно рекомендациям п. 6 в п. 10.6 в зависимости

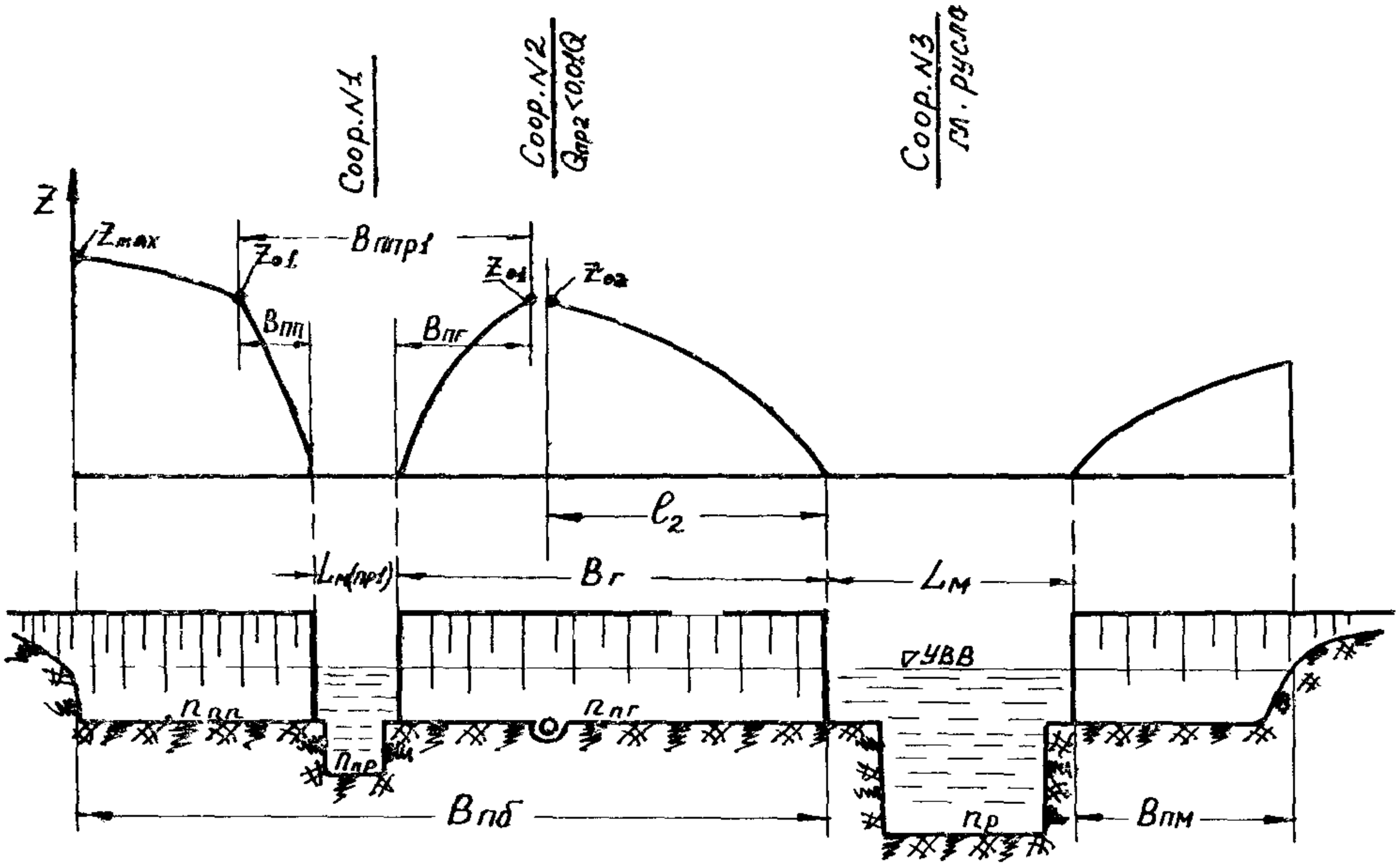


Рис. 11 1. Схема изменений перепадов уровней вдоль насыпи подхода при расчете пойменного отверстия

от расстояния l от ближайшего устоя моста на главном русле до оси пойменного сооружения (см. сооружение № 2 на рис. 11 1), а коэффициент сопротивления моста принимать равным $\zeta=1{,}77$ (т. е $\beta=0$—см формулу 10 67)

6 В случае предусмотренном п. 1б, когда пойменное сооружение пропускает $Q_{пр}/Q>0{,}01$, перепад уровня у насыпи z_0, по которому определяют скорость в отверстии $v_{пр}$, находится на вертикали, расположенной от ближайшего устоя моста через главное русло на расстоянии (см рис. 11.1)

$$l = B_г - B_{пг},$$

где $B_г$—расстояние между мостами (от ближайших устоев), $B_{пг}$—длина участка со стороны моста через главное русло, примыкающая к пойменному мосту (и характеризующаяся сливом потока вдоль насыпи в сторону пойменного отверстия), определяемая по формуле

$$B_{пг} = B_г\left(\frac{Q_{пр}}{Q_м}\right)^y; \qquad (11\,8)$$

$Q_м$—водопропускная способность моста (расход воды, проходящей под мостом) через главное русло,
y—показатель степени, равный

$$y = 2n_р/n_{пг}; \qquad (11\,9)$$

$n_р$, $n_{пг}$—коэффициенты шероховатости главного русла и поймы на участке $B_г$ (см рис 11 1)

На участках поймы с неоднородной шероховатостью приведенный коэффициент шероховатости определяют по рекомендациям п. 3.5; его можно вычислять также по более приближенной формуле

$$n=\sqrt{\Sigma\left(n_i^2B_i\right)/\Sigma B_i}, \qquad (11\,10)$$

где B_i—участки с коэффициентом шероховатости n_i.

При определении расстояния l_i от водопропускного сооружения до главного русла, по которому определяют перепад уровня у насыпи z_{0i}, из фактического расстояния вдоль насыпи следует вычитать примыкающие участки сооружений перед главным руслом $\sum_{i=1}^{n-1} B_{ппрi}$ (см. п. 7), если такие имеются между рассматриваемым пойменным сооружением и главным руслом.

7 За фиктивную ширину широкой поймы $B_ф$ при расчете пойменных отверстий принимают расстояние вдоль насыпи между конусом моста через главное русло и бровкой речной долины $B_{пб}$ со стороны широкой поймы за вычетом участков $\sum^{n} B_{ппрi}$, примыкающих к водопропускным сооружениям на этой пойме,

$$B_ф = B_{пб} - \sum_{i=1}^{n} B_{ппрi}, \qquad (11\,11)$$

Ширина участка $B_{ппрi}$ каждого сооружения слагается из отверстия на пойме $L_{м(прi)}$ и участков пойм $B_{пгi}$ и $B_{ппi}$, примыка-

ющих к водопропускным сооружениям (см. рис. 11.1). Ширину $_{\text{пг}}$ определяют по формуле (11.7); ширину $B_{\text{пп}}$—по формуле

$$B_{\text{пп}} = B_{\text{пг}}\sqrt{n_{\text{пр}}/n_{\text{пп}}}, \qquad (11.12)$$

где $n_{\text{пр}}$, $n_{\text{пп}}$—коэффициенты шероховатости пойменного водотока и поймы с противоположной стороны от главного русла

С учетом формул (11.8) и (11.12)

$$B_{\text{ппр}} = L_{\text{м(пр)}} + \left(1 + \sqrt{\frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{пп}}}}\right) B_{\text{г}} \left(\frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{м}}}\right)^{y}. \qquad (11.13)$$

8. В случае, предусмотренном п. 1б, водопропускную способность пойменного моста с закрепленным руслом подбирают в такой последовательности:

а) Назначают расход $Q_{\text{пр}} > Q_{\text{прб}}$, где $Q_{\text{прб}}$—расход воды на ширине пойменного моста в бытовых условиях, и определяют под мостом через главное русло расход $Q_{\text{м}} = Q - Q_{\text{пр}}$ и среднюю скорость $V_{\text{м}}$. При определении $V_{\text{м}}$ в формуле (10.65) вместо коэффициента общего размыва P можно принимать $(Q_{\text{м}}/Q_{\text{гр}})^{0,77}$, где $Q_{\text{гр}}$—расход воды, проходящей в главном русле в бытовых условиях.

б) Определяют фиктивную ширину поймы $B_{\text{ф}}$ по формуле (11.11) с учетом (11.13), а также расстояние L_i от рассматриваемого водопропускного сооружения до моста через главное русло согласно п. 6.

в) Вычисляют максимальный подпор $z_{\max}$ по формуле (10.66). При этом коэффициент сопротивления моста через главное русло ζ определяют по формуле (10.67) или по графику (рис. 10.12) с учетом того, что при определении параметра β по формуле (10.62) ширину долины, примыкающей к мосту через главное русло, принимают как

$$\Sigma B_{\text{п}i} = B_{\text{пб}} + B_{\text{пм}} - \Sigma B_{\text{ппр}i}. \qquad (11.14)$$

г) По графику (см. рис. 10.13) получают $z_{0i}/z_{\max} = f\left(\frac{l_i}{B_{\text{ф}}}\right)$, а затем перепад уровня у насыпи для i-го сооружения z_{0i}

д) Определяют среднюю скорость $V_{\text{пр}}$ под пойменным мостом по формуле (11.7), а затем расход $Q_{\text{пр}}$ по формуле (11.6). Сопоставляют полученный расход с назначенным. При несовпадении (с точностью до 5%) расчет повторяют.

В следующих итерациях при $Q_{\text{пр}}/Q_{\text{м}} < 5\%$ параметры потока $v_{\text{м}}$ и $z_{\max}$ можно принимать из предыдущих расчетов.

9. В случае, предусмотренном п. 1б, водопропускную способность пойменного моста с размываемым руслом подбирают в последовательности, указанной в п. 8, но расчет начинают с назначения средней глубины потока под пойменным мостом после размыва $H_{\text{пр п/р}}$. Эта глубина соответствует скорости $v_{\text{пр}}$, при ко-

торой стабилизируется размыв*, т. е. $v_{пр} = v_0$, где v_0—неразмывающая скорость для подстилающего водоток грунта и глубине $H_{пр\ п/р}$. Неразмывающие скорости определяют согласно п. 10.3.

Для подобранного расхода воды $Q_{пр}$ уточнение глубины потока под пойменным мостом после размыва с учетом времени прохождения паводка производится по соответствующим формулам п. 10.4.

При расчете по указанным формулам в качестве ширины разлива $L_{разл}$, примыкающей к пойменному мосту, можно принимать $B_{ппр}$. Полученные по формулам п. 10.4 глубины потока после размыва с учетом фактора времени не должны превышать $H_{пр\ п/р}$. После получения расчетной глубины потока под пойменным мостом расход $Q_{пр}$ не корректируют.

10. В случае, предусмотренном п. 1в, следует подбирать пропускную способность двух близких по величине отверстий. Расчет производят в последовательности, указанной в п. 8. Особенность состоит в том, что скорости потока под двумя мостами определяют детально по формуле (10.65) с учетом русловых деформаций и фактора времени.

В зависимости от расположения мостов относительно друг друга и величины зоны примыкания поймы к одному из сооружений максимальный перепад уровней может оказаться на малой пойме, между мостами и т. д.

Если имеется естественный водораздел между водотоками переливаемый в расчетный паводок, то следует стремиться назначить такие отверстия, при которых граница зон, примыкающих к мостам, проходила бы по этому водоразделу.

11. При расчете групповых отверстий, включающих более двух водопропускных сооружений, которые пропускают в паводок более 1% расчетного расхода, задача подбора отверстий усложняется. Поэтому расчет желательно выполнять с использованием ЭВМ по приведенному алгоритму. Более точное и детальное решение задачи возможно в процессе научных проработок проектных решений (см. гл. 6).

12. При расчете групповых отверстий следует обратить внимание на возможность несовпадения прохода в один год расчетных вероятностей паводков на двух водотоках с сообщающимися между собой бассейнами. Такие случаи могут иметь место особенно в регионах, в которых преобладают ливневые паводки. Поэтому подробный анализ исходной гидрометеорологической информации может позволить снизить суммарные (для двух водотоков) расчетные гидрологические воздействия.

11.3. Отверстия при переменном подпоре

1. Мостовые переходы, расположенные в зоне переменного подпора паводка другой реки или от ветрового нагона, рассчиты-

---

* Рассматривается наиболее характерный случай работы пойменного отверстия при дефиците наносов.

вают на пропуск собственных паводочных расходов воды и проверяют на пропуск расходов, проходящих в отверстии моста вследствие подпора со стороны его источника.

К случаю расчета отверстий при переменном подпоре относится заполнение на стадии подъема паводка, а затем опорожнение замкнутой зоны аккумуляции (пазухи) через рассчитываемое отверстие.

Размеры отверстия моста и высоту земполотна на подходах принимают для наиболее напряженных условий работы перехода при наибольших скоростях течения и наибольшем уровне воды.

В условиях подпора на мостовых переходах возможны два принципиальных случая:

а) меженный расход пренебрежимо мал, а зона аккумуляции заполняется только через рассчитываемое отверстие при подъеме уровня воды в реке, которая подпирает мост с его нижнего бьефа;

б) зона аккумуляции заполняется за счет прохода паводка по пересекаемому водотоку, расхода воды, проходящего в отверстие моста от паводка другой реки (или ветрового нагона), перелива через борта пазухи и др.

2. Для расчета отверстий при переменном подпоре необходимы следующие исходные данные:

план акватории подпора в горизонталях (рис. 11.2, *а*);

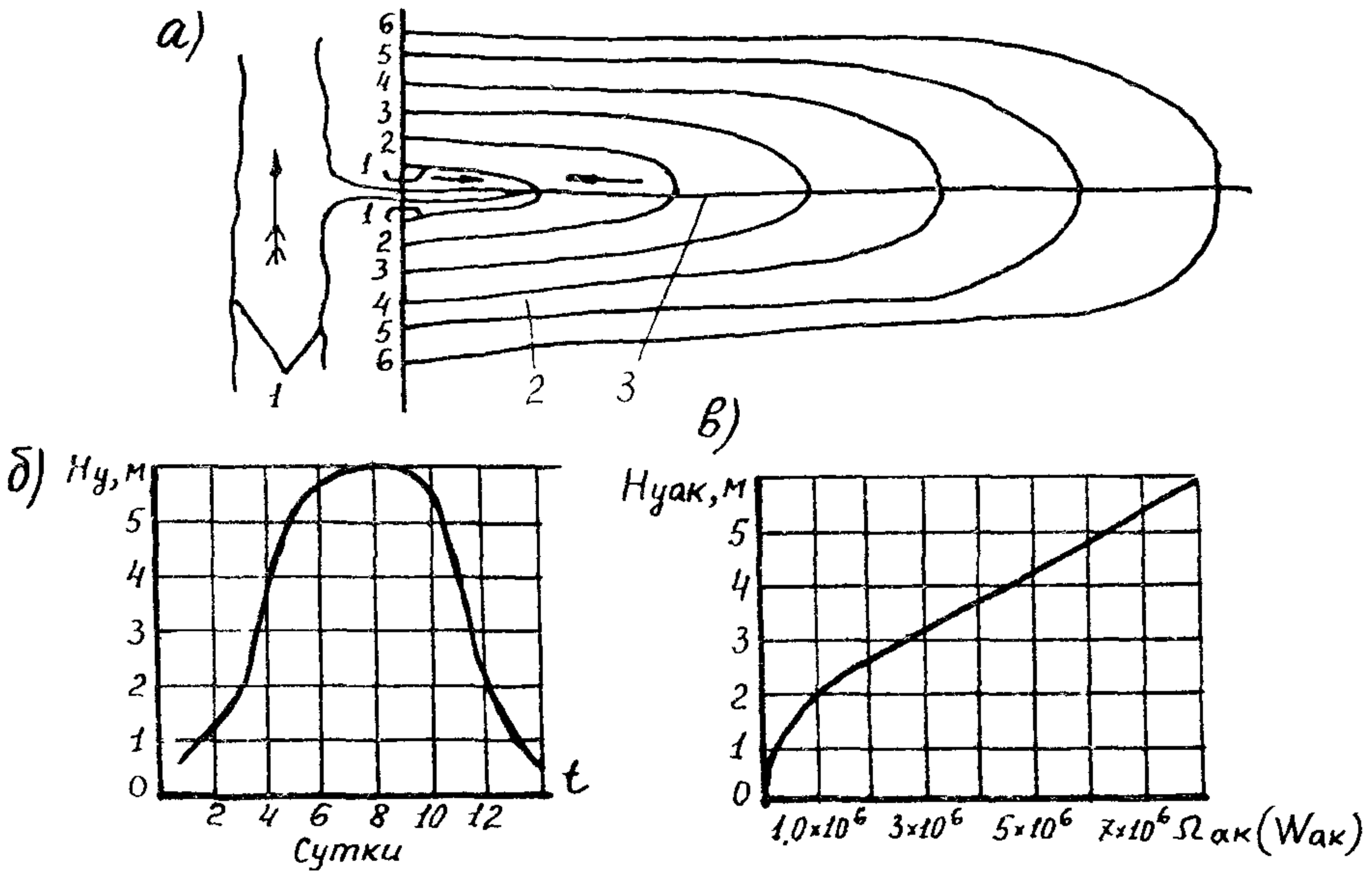


Рис. 11.2. Исходные материалы для расчета отверстий при переменном подборе:
а—план затапливаемой акватории в горизонталях; *б*—график колебания уровня воды на источнике подпора; *в*—график изменения площади водного зеркала $\Omega_{ак}$ или объемов воды $W_{ак}$ в зоне аккумуляции в зависимости от уровня воды $H_{уак}$ перед мостом:
1—подпирающая река; *2*—зона аккумуляции; *3*—водоток, пересекаемый трассой

график колебания уровня воды на источнике подпора $H_у = f\ (t)$ для фаз подъема и спада (рис. 11.2, *б*); то же для пересекаемого водотока;

график изменения площади водного зеркала $\Omega_{ак}$ (или непосредственно объемов воды $W_{ак}$) в зоне аккумуляции перед мостом в зависимости от уровня воды $\Omega_{ак} = f\ (H_у)$ (рис. 11.2, *в*);

гидрограф паводка $Q = f\ (t)$ на пересекаемом водотоке с увязкой календарного времени прохождения паводков на реках;

связь расходов воды боковой приточности с уровнем в зоне аккумуляции.

3. Расчет отверстия моста сводится к определению для назначенного варианта отверстия перепада уровней z воды между верхним и нижним бьефами моста, по которому находят скорость потока в отверстии и затем деформации подмостового сечения.

С увеличением отверстия снижение перепада z происходит за счет более интенсивного заполнения (в случае 1а) или опорожнения (в случае 1б) зоны аккумуляции. Соответственно наиболее напряженными условиями работы перехода будут:

для случая 1а—фаза подъема паводка от подпирающей реки при заполнении зоны аккумуляции;

для случая 1б—опорожнение зоны аккумуляции на фазе спада паводка.

Задаваясь несколькими вариантами отверстий, можно подобрать такое, при котором обеспечивается минимум строительных затрат на возведение мостового перехода в целом (с учетом стоимости пролетных строений, фундирования опор, укрепления конусов моста, подходных насыпей).

4. В случае, предусмотренном в п. 1а, проверку гидравлической работы варианта моста проводят в такой последовательности:

а) задают по графику (см. рис. 11.2, *а*) колебания уровней на источнике подпора небольшой подъем уровня (начинать надо с $H_{у1} = 10—20$ см, при котором происходит поступление воды под мост, и соответствующее ему время Δt_1;

б) для перепада $z = H_{у1}$ по формуле (11.6) определяют скорость потока под мостом v;

в) для полученной скорости v и глубины потока под мостом до размыва $H = H_{бм} + \Delta H_{у1}/^2$ определяют глубину потока после размыва $H_{пр}$ за время Δt (в сутках) под мостом отверстием $L_м$ по формулам (где $H_{бм}$—средняя глубина потока под мостом до поступления в него воды со стороны источника подпора):

при несвязных грунтах средней крупностью частиц d

$$H_{пр} = \left[1 + 1{,}28 \cdot 10^3 \left(\frac{d}{H}\right)^{2/3} \left(\frac{v}{v_0}\right)^3 (v - v_0)\ \frac{\Delta t}{L_м}\right]^{12/17}; \quad (11.15)$$

при связных грунтах

$$H_{пр} = \left(1 + 4{,}3\ \frac{v^3 \Delta t}{gH^2} \sqrt{1 - v/v_0}\right)^{1/2}; \quad (11.16)$$

г) определяют объем воды, поступивший через мост в зону аккумуляции за время Δt

$$W_{ак} = L_м v \Delta t \frac{H + H_{пр}}{2}; \qquad (11.17)$$

д) по графику $H_{уак} = f(W_{ак})$ (см рис. 11.2, *в*) снимают уровень воды $H_{уак1}$ в зоне аккумуляции после ее заполнения в течение Δt;

е) задают по графику (см. рис. 11.2, *а*) следующие подъемы уровней $\Delta H_{уi}$ и соответствующие им диапазоны времени Δt_i, для которых согласно пп. б—д определяют уровни $H_{уакi}$ в зоне аккумуляции, перепады z_i, а затем скорости v_i и глубины $H_{прi}$ потока под мостом для каждого отрезка времени Δt_i, пока перепад уровней не будет равен (близок) нулю.

На втором ($i=2$) и последующих этапах расчета пользуются приведенными выше формулами. При этом принимают:

глубину потока под мостом до размыва

$$H_i = H_{пр(i-1)} + \frac{\Delta H_{уi}}{2}; \qquad (11.18)$$

перепад уровней

$$z_i = \sum^{i} \Delta H_{уi} - H_{уак(i-1)}$$

Расчет размывов подмостовых сечений производят для мостов с размываемым руслом по приведенным формулам, сопоставляя результаты расчета с формулами (10.26) или (10.27)—см. конец п. 12 в п. 10.4.

5. В случае, предусмотренном п. 1б, проверку гидравлической работы варианта моста проводят в той же последовательности, что и в п. 4, но для условий начала опорожнения зоны аккумуляции. При этом для определения уровня воды $H_{уакi}$ в зоне аккумуляции из общего объема воды в этой зоне вычитают объем опорожнения $W_{акi}$ за время Δt_i (см. рис. 11.2, *в*).

6. По проведенным расчетам гидравлической работы вариантов моста выявляют интенсивность заполнения или опорожнения зоны аккумуляции, возможные русловые деформации подмостовых сечений и скорости потока под мостом. При этим и другим данным (имеющим специфику для конкретных условий) принимают решение о размерах отверстия и мероприятиях для обеспечения надежной работы мостового перехода.

Для случаев, когда определяющими являются русловые деформации, при назначении серии пропускаемых паводков следует пользоваться рекомендациями п. 11 в п. 10.4 с учетом отсутствия (дефицита) данных наносов, поступающих к подмостовому сечению.

7. Если собственный паводок на подпираемой реке проходит под мостом по мощному ледяному покрову подпертой воды от реки или водохранилища, отверстие моста (и бровку земляного полотна) проверяют на пропуск расчетного расхода, принимая поверхность льда за неразмываемое русло.

8 При переходах в устьевых участках рек, являющихся нижними бьефами водохранилищ, необходимо выяснить, как изменились уровни воды в нижнем бьефе по сравнению с бытовыми в различные фазы гидрологического режима

Если расчетный уровень реки, на который проектируется мостовой переход, сопрягается с пониженным против бытового уровнем нижнего бьефа водохранилища (что наблюдается при прохождении паводков на притоке во время накопления воды в водохранилище), то в устьевом и прилегающем к нему участках свободная поверхность паводочного потока будет иметь вид кривой спада Скорость течения на этом участке реки станет больше бытовой, и размыв будет происходить активнее, чем в бытовых условиях

11 4 Расчеты отверстий и регуляционных сооружений мостовых переходов на горных реках, конусах выноса и селевых потоках

1 При пересечении реки в горном ущелье проектируемый мост по возможности должен перекрывать русло одним пролетом, а опоры располагаться за пределами уровня высоких вод, желательно на коренных породах В этом случае гидрологические расчеты ограничивают определением бытового уровня расчетной вероятности превышения

Если фундаменты опор моста, защитных и подпорных стенок располагаются не на коренных породах, то при заложении их учитывают возможность бытового размыва русла

Если перекрытие потока одним пролетом невозможно и необходимо некоторое стеснение потока, то желательно устройство массивных направляющих стенок или дамб, плавно подводящих поток к отверстию

В этом случае уровень под мостом определяют построением кривой свободной поверхности на участке стеснения [51]

Общий размыв под мостом и местный размыв определяют согласно указаниям гл 10

При косом пересечении водотока и значительном поперечном уклоне поверхности воды отметки уровней у устоев моста будут сильно различаться, что необходимо учитывать при проектировании подходов и регуляционных сооружений

2 На блуждающих реках без определенно выраженного главного русла для ориентировочных соображений при сопоставлении вариантов переходов отверстие моста принимают равным

$$L_м = (1{,}5 \div 2{,}5)\ B_{уст}, \qquad (11\ 19)$$

где $B_{уст}$ —ширина устойчивого русла, определяемая по формуле С Т Алтунина

$$B_{уст} = A \sqrt{Q_{рус}} / i^{0,2}; \qquad (11\ 20)$$

$Q_{рус}$ —руслоформирующий расход вероятностью превышения 5%, i—продольный уклон, коэффициент А принимают по табл 11 1

В формуле (11 19) нижний предел принимают для больших рек с малыми уклонами, верхний—для бурных горных рек

При проектировании переходов через блуждающие реки расчеты размывов под мостами рекомендуется производить в соответствии с п 9 7 и гл 10

Таблица 11.1

Характеристика участка реки	Грунт, подстилающий русло	Коэффициент А
Горный	Булыжник и крупная галька	0,7—0,9
Предгорный	Галька, гравий, песок	0,9—1,0
Равнинный	Мелкий гравий, крупный песок	1,0—1,1
	Мелкий песок, супесь	1,3—1,7

Определение рационального отверстия моста производят на основании сопоставления вариантов с различными отверстиями мостов и соответствующими им схемами регуляционных сооружений.

3. При пересечении рек с блуждающим руслом и небольшой зоной блуждания регуляционные сооружения устраивают обычно в виде массивных струенаправляющих дамб, перекрывающих зону блуждания до коренных берегов (рис. 11.3). Части дамб, примыкающие к мосту, устраивают криволинейными, а верховые участки, примыкающие к берегам, прямолинейными.

Отметки уровней воды под мостом и на протяжении дамб определяют по нескольким сечениям построением кривой свободной поверхности по уравнению неравномерного движения.

В простейших случаях расчетный уровень можно определять по формулам равномерного режима.

4. При большой ширине зоны блуждания, когда устройство регуляционных сооружений (см. рис. 11.3) вызывает крупные затраты, возможно устройство коротких дамб грушевидной формы с усилением подходной насыпи (рис. 11.4).

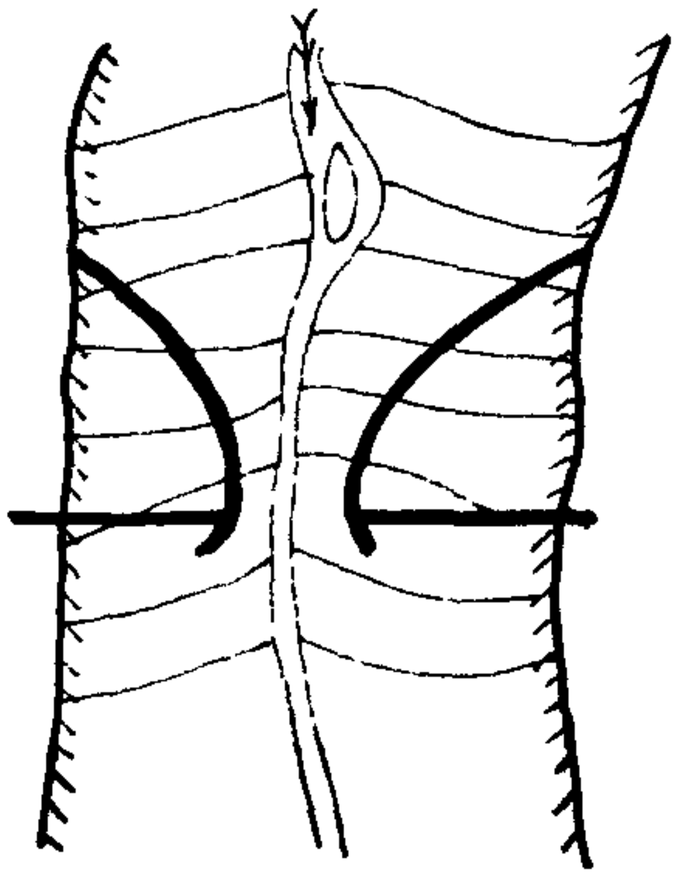


Рис. 11 3. Струенаправляющие дамбы, перекрывающие зону блуждания

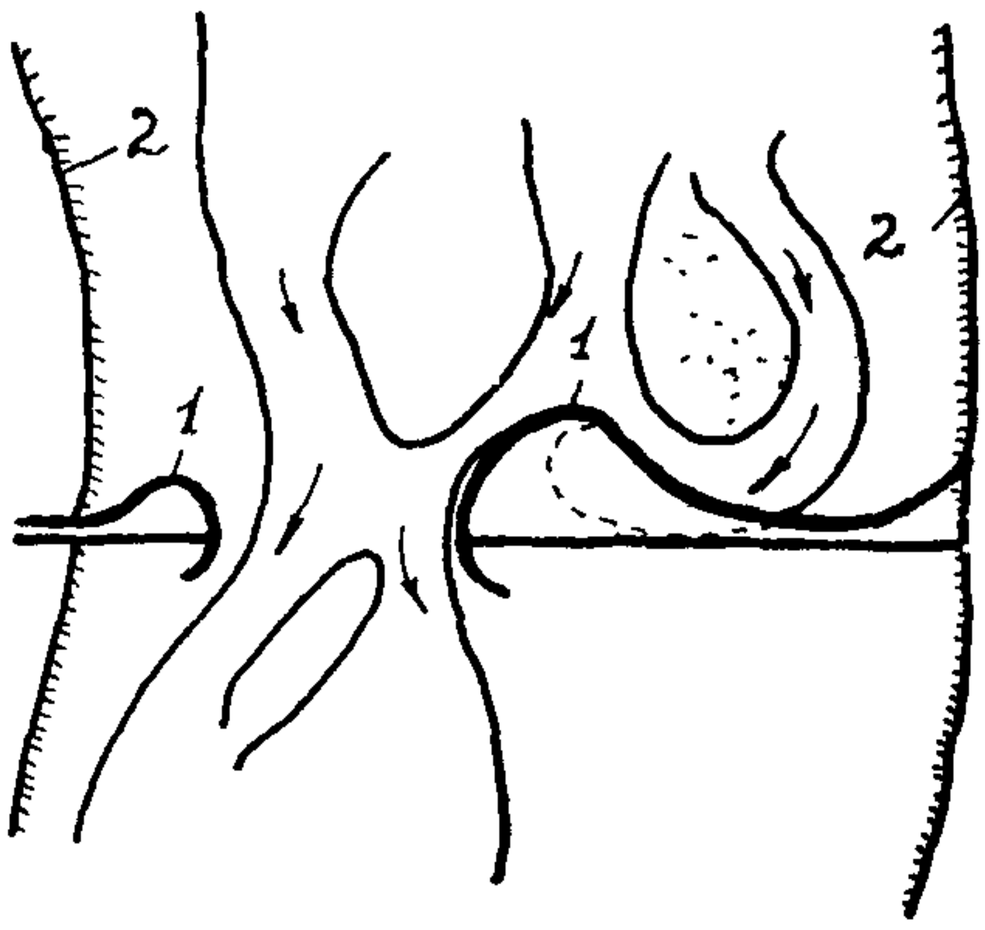


Рис. 11 4. Короткие струенаправляющие дамбы:
1—грушевидные дамбы, *2*—границы зоны блуждания

Следует учитывать, что при коротких дамбах образуются большие местные размывы, поэтому предусматривают мощное укрепление подошв земляного полотна и дамб Решение принимают на основании сравнения вариантов длинных и коротких дамб.

Регулирование также возможно с помощью серии массивных или сквозных шпор [90], направляющих русловые потоки в подмостовое русло (рис 11.5) Размеры и компоновку назначают по детальному плану так, чтобы исключить возможность прорыва основного потока к насыпи. Если часть расхода будет притекать к насыпи и накапливаться до отметки, равной отметке голов струенаправляющих дамб, это необходимо учитывать при назначении высоты насыпи и дамб, а также предусматривать отвод воды из пазухи.

Регулирование потока шпорами с усилением подходов возможно по схеме, показанной на рис 11.6 Подходная насыпь со стороны низкого берега пересекает зону блуждания косо, являясь несовершенной струенаправляющей дамбой: для защиты насыпи от размыва продольными течениями устраивают траверсы и укрепление верхового откоса земляного полотна.

5. При пересечениях конусов выноса в ряде случаев затруднительно установить отметки бытовых расчетных уровней в районе проектируемых сооружений В этих случаях и при отсутствии на местности меток прошедших паводков бытовые расчетные уровни устанавливают следующим приближенным способом.

На ширине $B_{уст}$ в пределах намечаемого отверстия моста, условно ограниченнои вертикальными линиями (рис. 11.7), строят кривую $Q=f(H)$ и считают, что в этих пределах протекает расход $Q^1=\zeta Q_{p\%}$, где ξ—коэффициент растекания потока на конусе выноса, принимаемый равным от 0,8 до 1,0 в зависимости от рассто-

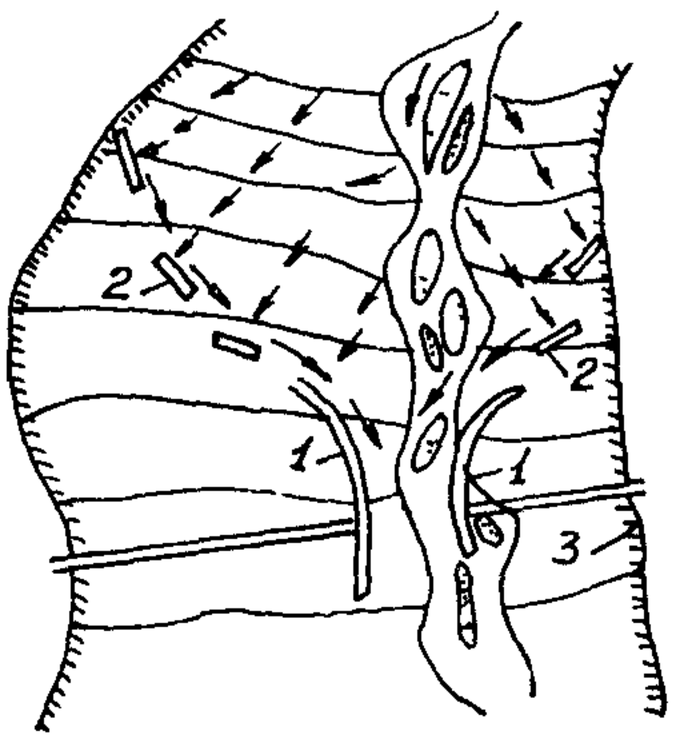


Рис 11 5 Регулирование потока дамбами и шпорами
1—дамбы, *2*—шпоры *3*—границы зоны блуждания

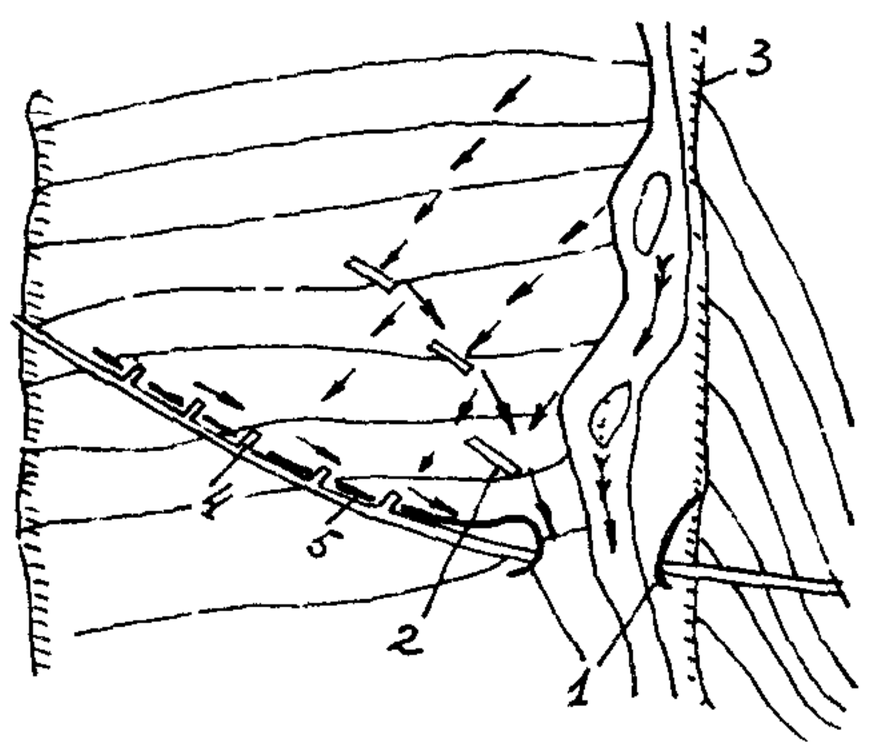


Рис 11 6 Регулирование потока шпорами с усилением подходов
1—дамбы замкнутого контура *2*—шпоры *3*—границы зоны блуждания, *4*—траверсы *5*— силение подхода

яния перехода до вершины конуса ($\xi=1$ принимают для створа в вершине конуса, а также при регулировании потока по схеме рис 11.8).

По кривой $Q=f(H)$ находят фиктивную среднюю глубину $H_ф$, соответствующую расходу $Q'=\xi Q_{р\%}$. Для вертикали с этой глубиной определяют по формулам п. 10.4 глубину потока после размыва русла $H_{пр}$ для намечаемого отверстия моста

Считая, что уровень воды под мостом после размыва понизится, глубину воды $H_р$ при расчетном уровне $УВВ_{р\%}$ над средней линией бытового дна ориентировочно определяют по формуле (см. рис. 11 7)

$$H_р \approx 1{,}5H_ф - 0{,}5H_{пр}. \qquad (11.21)$$

Эта глубина возможна в любой точке в пределах конуса выноса и является расчетной для назначения высоты регуляционных дамб и насыпи в пределах конуса выноса.

6. При расположении моста на конусе выноса, имеющем продольный профиль, подобный изображенному на рис. 11.9, следует считаться с возможностью изменения профиля за счет бытового размыва. Для приближеннои оценки этого явления на продольном профиле графически подбирают параболическую кривую или проводят прямую в виде хорды, стягивающей выпуклость конуса. Величину Δh учитывают при назначении запаса в заложении фундаментов относительно глубины максимального размыва. При этом учитывают характер изменения крупности отложений по продольному профилю конуса. Если в створах ниже оси перехода присутствуют более крупные фракции, то разработка параболического профиля маловероятна.

На конусе выноса рекомендуется устраивать одно водопропускное отверстие. Наилучшим решением является устройство укрепленных дамб (валов) от оси перехода до горловины ущелья с перехватом всего объема паводочного стока (см. рис. 11.8).

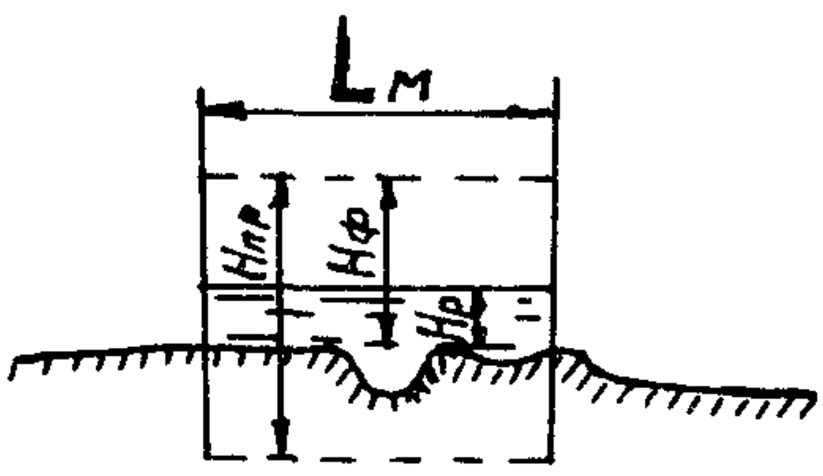


Рис 11 7 Схема к определению бытовой глубины на конусах выноса ($L_м = B_{уст}$)

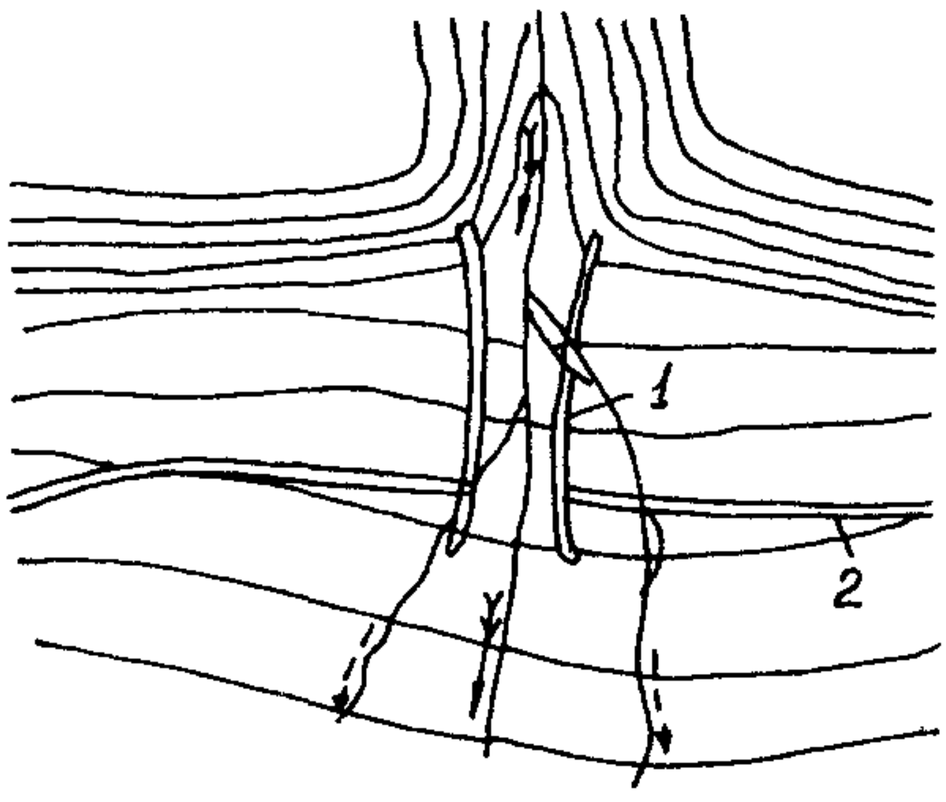


Рис 11 8 Схема струенаправляющих дамб на переходе через конус выноса

1—дамбы, *2*—трасса перехода

Уровни воды под мостом и в обвалованном русле определяют построением кривой свободной поверхности. Причем в случае относительно равномерного уклона построение возможно по формулам равномерного движения.

7. При значительном удалении перехода от горловины ущелья стоимость дамб может превысить стоимость моста; в этом случае компоновку перехода можно осуществить по рис. 11.10.

Мостовой переход трассируют по кривой с углом поворота бóльшим, чем угол образующей конуса. Таким образом, перехват всего стока осуществляется подходными насыпями, которые должны быть надежно укреплены с устройством траверсов. Основной поток регулируют шпорами.

При значительном отдалении перехода от вершины конуса возможно комбинированное решение: поток регулируется по рис. 11.10, но в вершине конуса устраивают оградительные дамбы, уменьшающие зону растекания потока (см. рис. 11.8).

8. При больших размерах конуса иногда необходимо устройство двух и более отверстий. Тогда для каждого отверстия осуществляют регулирование по комбинированному типу, изложенному выше. При двух отверстиях каждое из них рассчитывают на 75% расчетного расхода, если не возводятся специальные сооружения в верховой части конуса, разграничивающие расход между сооружениями. При трех и более отверстиях каждое из них рассчитывают не менее чем на 50% расчетного расхода.

Если дорога пересекает конус, образованный выносами нескольких водотоков, возможно размещение нескольких водопропускных сооружений. Трассу намечают по нижней границе конуса, где количество отложений незначительно. Расчетный расход опре-

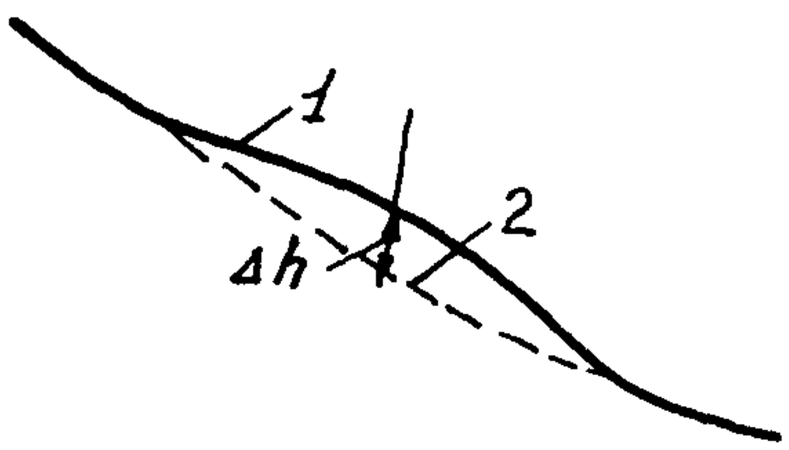


Рис. 11 9 Схема продольного профиля селевого лога на конусе выноса.

1—продольный профиль конуса, *2*—возможное очертание профиля после бытового размыва

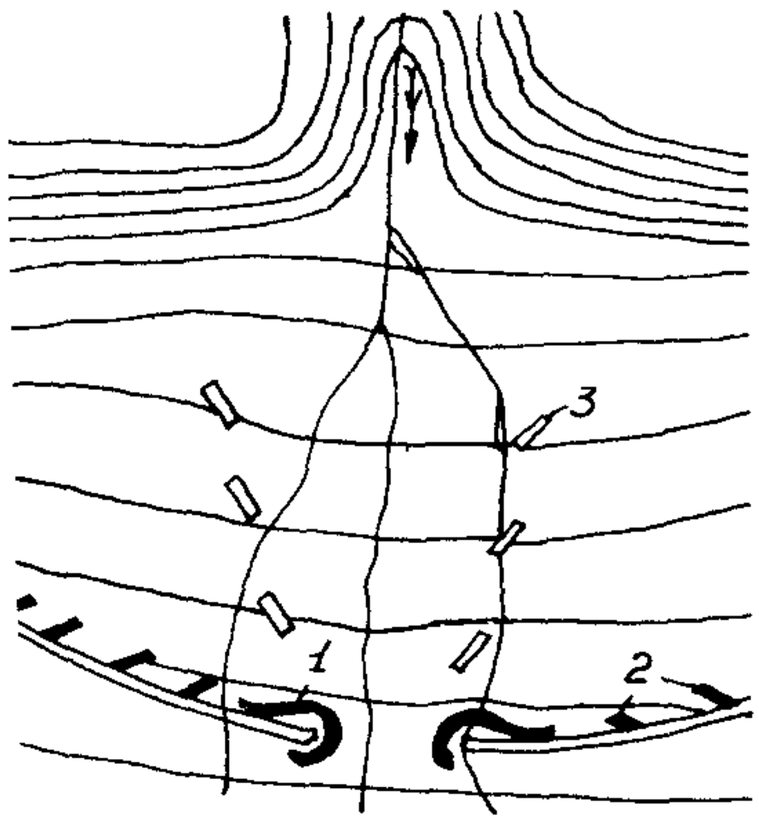


Рис 11 10 Схема регулирования потока на конусе выноса·

1—дамбы, *2*—траверсы, *3*—шпоры

деляют для каждого водотока и суммарный для всех водотоков. Бóльшие отверстия намечают на наиболее выраженных руслах, в промежутках—малые сооружения (мосты, лотки); для разграничения расхода между сооружениями устраивают водоразделительные дамбы.

9. При переходах через селевые водотоки возможны перечисленные выше случаи пересечения и компоновки сооружений, но при этом:

а) должна быть обеспечена незаносимость сооружений;

б) подмостовой габарит, высота дамб и земляного полотна назначают с учетом возможного повышения уровней воды вследствие отложений за время эксплуатации сооружений.

На протяжении регулируемого участка не должно быть переломов продольного профиля и уменьшения уклона. Средние скорости течения v (м/с) в подходном и выходном руслах, а также и под мостом при высоких и низких паводках должны удовлетворять условию

$$v > 3{,}83 d^{1/3} H^{1/6},$$

где d—средний диаметр донных наносов, принимаемый для низких паводков по наиболее мелкой фракции, а для высоких—по наиболее крупной фракции в смеси аллювиального грунта, м; H—средняя глубина воды при высоком или низком паводках, м.

10. Ширину селевого потока (м) при расчетном селевом расходе Q_c (м/с) (см. гл. 7) определяют [22] по формуле

$$B_c = \frac{7{,}1 Q_c^{0{,}4}}{i^{0{,}23} \psi_Q^{0{,}062}}, \qquad (11.22)$$

где i—продольный уклон на участке створа, ‰; ψ_Q—коэффициент селенасыщенности (см. гл. 7).

Среднюю скорость потока (м/с) и среднюю его глубину (м) определяют в зависимости от характера движения селевого потока:

а) для условий равномерного движения

$$v_{ср} = \frac{0{,}56 Q_c^{0{,}2} i^{0{,}3}}{\psi_Q^{0{,}185}}; \qquad (11.23)$$

$$H_{ср} = \frac{0{,}215 Q_c^{0{,}4}}{i^{0{,}067}} \psi_Q^{0{,}247}; \qquad (11.24)$$

б) для условий переходного режима

$$v_{ср} = 2{,}14 \left(\frac{Q_c}{\alpha B_c} \right)^{0{,}33}; \qquad (11.25)$$

$$H_{ср} = 0{,}466 \left(\frac{Q_c}{B_c} \right)^{0{,}67} \alpha^{0{,}33}, \qquad (11.26)$$

где α—корректив скорости, определяемый в зависимости от коэффициента Шези C (который принимают при $n = 0{,}2$):

Коэффициент Шези C . . .	5	7	10	15	20
Корректив скорости α . . .	1,90	1,74	1,63	1,51	1,43

в) для ламинарного режима

$$v_{ср} = 0{,}10\left(\frac{Q_с}{B_с}\right)^{0{,}67} i^{0{,}33}, \qquad (11.27)$$

$$H_{ср} = 10\left(\frac{Q_с}{B_с i}\right)^{0{,}33}. \qquad (11.28)$$

Для каждого из возможных режимов проверяют условие

$$Q_с \approx B_с H_{ср} v_{ср} .$$

Ориентировочно принимают, что режимы а) и б) возможны при коэффициенте селенасыщенности $\psi_Q < 4$, а при $\psi_Q > 4$—режимы б) и в).

11. В узких ущельях, ширина которых по дну меньше расчетной ширины селевого потока $B_с$, глубину потока определяют последовательным набором необходимой площади

$$\omega_н = H_{ср} B_с \left(\frac{R}{H_{ср}}\right)^{0{,}9}, \qquad (11\ 29)$$

где R—гидравлический радиус, соответствующий задаваемому уровню

В этом случае средняя скорость потока должна удовлетворять условию:

$$v_{ср} = 3{,}14\sqrt{H_{ср}/\alpha} \geqslant \left(\frac{Q_с}{\omega_н}\right). \qquad (11.30)$$

Створ мостового перехода через селевые водотоки не должен располагаться вблизи от крутых поворотов русла. Если выбранный створ перехода является более стесненным по сравнению с примыкающими участками русла, то в отдельных случаях подобрать необходимую площадь по формуле (11.29) оказывается невозможным. Это свидетельствует о потенциальной возможности образования в данном створе селевого затора. В этом случае следует перенести створ перехода или произвести необходимую срезку бортов ущелья.

Максимальную глубину селевого потока принимают равной

$$h_{max} \approx 1{,}5 H_{ср} . \qquad (11.31)$$

Эту величину отсчитывают от наинизшей точки расчетного створа, но полученная таким образом отметка не может быть меньше среднего уровня потока.

Максимальная поверхностная скорость равна

$$v_{max} \approx 1{,}8 v_{ср} . \qquad (11.32)$$

К полученному уровню или средней глубине потока прибавляют высоту волны

$$h_в = 0{,}05\alpha v_{ср}^2 \leqslant \frac{H_{ср}}{2} . \qquad (11.33)$$

12. При назначении запаса в возвышении низа конструкции над максимальным уровнем по оси перехода должны учитывать:

а) уклон лога на половине ширины пролетного строения;

б) размеры наиболее крупных валунов, вынесенных на данном водотоке в нижележащие створы.

В качестве расчетных, как правило, принимают большие значения H и v, определенные при двух режимах: а) и б) или б) и в)

Среднюю и максимальную глубину потока после размыва определяют по формуле

$$h_{\text{р}} = \frac{0{,}76}{} \left(\frac{q}{\sqrt{g}}\right)^{0{,}8}, \qquad (11.34)$$

где q—соответственно средний или максимальный удельные расходы $q_{\text{с}} = H_{\text{ср}} v_{\text{ср}}$ или $q_{\max} = 1{,}85 H_{\text{ср}} v_{\text{ср}}$, определенные при одном наиболее неблагоприятном режиме.

При коэффициенте селенасыщенности $\psi_Q > 4$ глубинного размыва, как правило, не происходит за исключением случаев, показанных на рис. 11.9.

Отверстия мостов через селевые водотоки должны перекрывать поверхность потока при расчетном уровне без стеснения. Мосты, как правило, должны быть однопролетными. Если выполнение этого условия невозможно или явно неэкономично, величина пролета в свету должна быть не меньше $(1{,}1 \div 1{,}2)\ B_{\text{с}}$.

13. Если ось перехода расположена в устье селевого водотока вблизи от резкого перелома продольного профиля лога, то неизбежны отложения наносов непосредственно в отверстии моста и периодическая расчистка при эксплуатации.

Отверстие моста в этом случае рассчитывают с учетом высоты отложений одного расчетного паводка.

Объем выносов определяют в соответствии с указаниями гл. 7. Высоту отложений определяют построением кривых $W_{\text{с}} = f(H)$ при схематизации формы тела отложений по рис. 11.11. Ширину отложений поверху можно принимать равной $B_{\text{с}}$ по формуле (11.22). Уклон боковых поверхностей определяют по натурным замерам, а при отсутствии замеров принимают 1 : 3.

Если мостовой переход через реку, протекающую в узком ущелье, располагается вблизи от устья значительного селевого притока, то возможно полное перекрытие реки боковыми выносами. Возможность такого явления устанавливают по сведениям о происшедших завалах. Также оценивают вероятность прохождения максимального селевого паводка на притоке в период, когда в основной реке проходят незначительные расходы. Прибли-

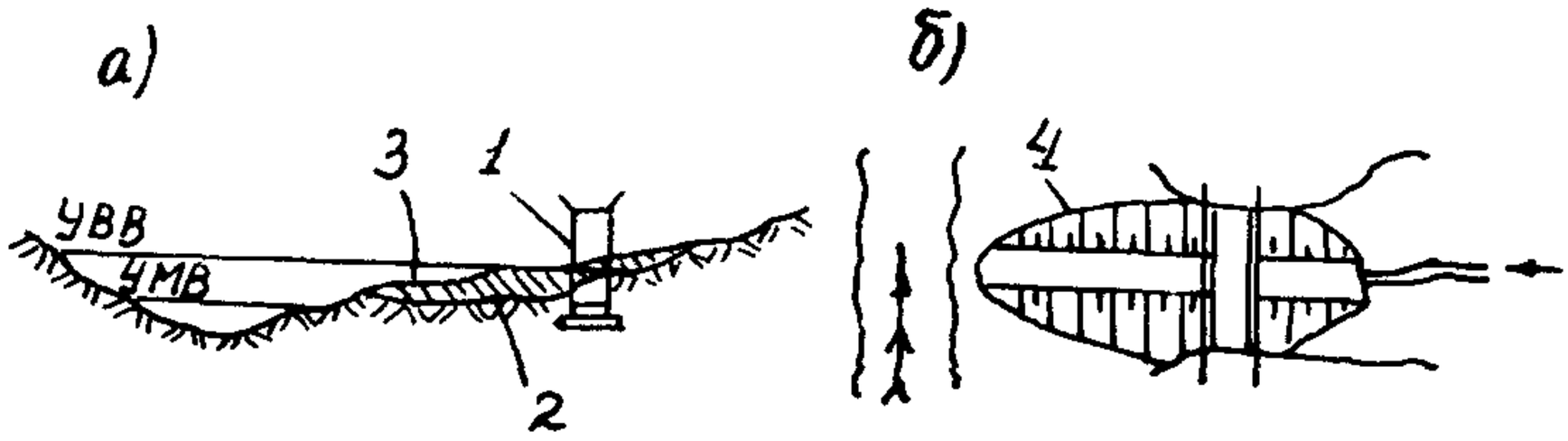


Рис. 11.11 Определение объема выноса

а—продольный профиль лога в устье, *б*—план, *1*—мост, *2*—дно до выноса, *3*—то же, после выноса, *4*—тело выноса

женные расчеты высоты завала выполняют по способу, изложенному ниже

14. Высоту отложений селевых потоков в подмостовом отверстии за 50 лет определяют [22] приближенно:

$$h_{тм} = h_т \frac{B}{L_м}\left(1 - \frac{B_{уст}}{L_м}\frac{А_{50}}{Б_{50}}\right), \qquad (11.35)$$

где $L_м$—отверстие моста в свету, $B_{уст}$—ширина устойчивого русла (см формулу 11 20), $Б_{50}$—коэффициент, зависящий от коэффициента вариации максимальных расходов (определяется по табл 11 2), $А_{50}$—отношение суммы модульных коэффициентов твердого стока всех паводков за 50 лет к объему твердого стока паводка вероятностью превышения $p=2\%$, определяют по табл 11 2, B—ширина зоны блуждания

Среднюю высоту отложений за 50 лет определяют по формуле

$$h_т = А_{50}\frac{W_к k_{пр}}{Bl}, \qquad (11\ 36)$$

где l—длина участка отложений, $W_к$—объем отложений на участке l, определенный по формуле (11 37), $k_{пр}$—приведенный коэффициент, определяемый в табличной формуле по рис 11 12

Таблица 11 2

c_v	c_s	$А_{50}$	$Б_{50}$
0,4	1,6	6,40	5,32
0,8	3,2	5,11	4,06
1,2	4,8	4,26	3,32

Объем отложений на всем протяжении продольного профиля селевого водотока от конца транзитной зоны до расчетного створа определяют по формуле

$$W_к = W_т - W_р, \qquad (11\ 37)$$

где $W_т$—объем твердого стока за один расчетный паводок, определяемый согласно указаниям гл 7, $W_р$—часть объема твердого стока расчетного паводка, которая выносится за пределы створа, определяют по формуле

$$W_р = 50\frac{W_0}{А_{50}}\frac{\Sigma F_р z_р}{\Sigma F_н z_н}, \qquad (11.38)$$

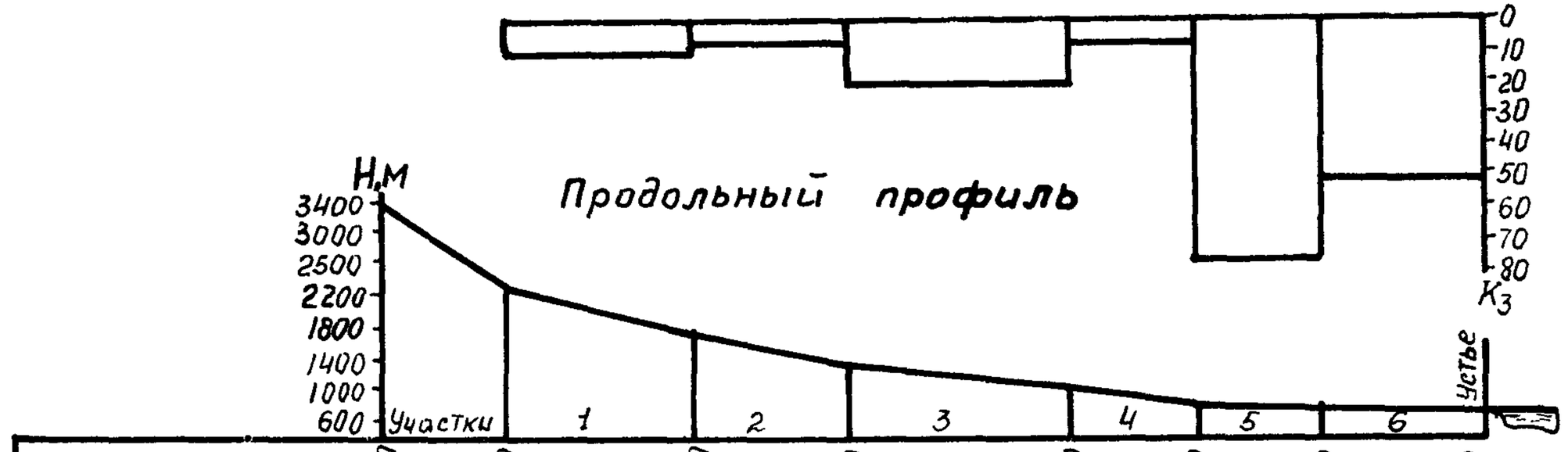
W_0—среднегодовой сток наносов в нижележащем створе, где имеются наблюдения, $F_р$, $F_н$—площади селеобразующих очагов в расчетном и нижележащем створах, $z_р$, $z_н$—соответственно удельные коэффициенты селеактивности, принимаемые по соответствующим таблицам в главе 7

При отсутствии данных о стоке наносов и суммарной площади селеобразующих очагов принимают

$$W_р = kW_т \qquad (11.39)$$

Коэффициент k равен 0,75 для конусов выноса, имеющих в своей нижней части выпуклую форму, если подошва конуса непосредственно подмывается поводковыми водами долинной реки;

Эпюра интенсивности отложений



Отметки, м	3450	2350	1650	1250	1000	800	750	710	
Расстояния ℓ, км		6	5	7	4	4	5		$\Sigma\ell/n = 31/6 = 5{,}15$
Уклон i	0 275	0.117	0 080	0 0357	0.050	0.0125	0.008		
Условная транспортирующая способность $c^{3/4}$	0 3797	0.2006	0 1504	0.08373	0.1057	0.03702	0.02675		
$K_1 = 1/c^{3/4}$	2.63	4,99	6.65	11,95	9 46	27 90	37,40		
$K_2 = c^{3/4}_{n+1}/c^{3/4}_{n}$	1.9	1,33	1.8	0.79	285	1.38			
Интенсивность отложений $K_3 = K_1 + K_2$	—	9,5	8,9	21.5	1.5	77.1	51.6		
$K_4 = \ell \ \Sigma\ell/n = \ell n/\Sigma\ell$	—	1 16	0.97	1.36	0 77	0.77	0,97		
$K_5 = K_3 \times K_4$	—	11.1	8.6	29.4	5 8	59.4	30.2		$\Sigma K_5 = 164.5$
Приведенный коэффициент $K_4 = K_5/\Sigma K_5$	—	0.067	0.052	0.177	0 035	0364	0,305		
Объем отложений на участке $W_K \cdot K_{пр}$									

Рис 11 12 Пример определения высоты отложений наносов

k=0,5 для конусов выноса вогнутой формы; k=0,3, если конус выноса заканчивается на террасе долинной реки и в пределах террасы отсутствует явно выраженное русло.

11.5. Особенности проектирования мостов на водотоках с наледями

1. На водотоках с наледями мосты должны быть запроектированы так, чтобы наледи не оказывали на них вредных воздействий и не создавали затруднений при эксплуатации в течение всего срока службы. Это достигается применением рациональных типов и размеров сооружений, максимальным сохранением на переходе природных условий, строительством противоналедных сооружений и проведением необходимых мероприятий при эксплуатации.

2. Мосты на водотоках с наледями должны проектировать, как правило, по принципу свободного пропуска наледей через створ мостового перехода. При свободном пропуске наледеобразующая вода свободно стекает через отверстие моста в низовую сторону, постепенно наращивая мощность наледного льда под мостом.

3. Отверстие мостов на водотоках с наледями назначают по расчету на пропуск паводковых вод по поверхности наледного льда, но во всех случаях должно быть не менее пятикратной высоты наледи. При расчете отверстия не учитывают размыв и срезку грунта.

При составлении схемы моста следует учитывать рекомендации п. 4 в п. 10.2.

4. Возвышение низа пролетных строений, кроме требований п. 1.23 СНиП 2.05.03—84, должно обеспечивать свободный пропуск наледообразующей воды и весеннего паводка по поверхности наледи. Это требование обеспечивается условием

$$H_{\text{г}} \geqslant z_{\text{нр}} + H_{\text{в}} + \Delta h_{\text{с}}, \qquad (11.40)$$

где $H_{\text{г}}$—высота подмостового габарита от уровня ледостава до низа пролетных строений; $z_{\text{нр}}$—наибольшая расчетная мощность наледи, которую определяют по данным изысканий и специальной методике [10, 63]; $H_{\text{в}}$—высота, необходимая для пропуска по наледи расчетного расхода весенних вод; $\Delta h_{\text{с}}$—возвышение низа пролетных строений над уровнем воды при максимальном весеннем расходе, принимают по п. 1 23 СНиП 2.05 03—84.

5. Применяемые при проектировании типы мостовых опор не должны вносить больших нарушений в естественный водно-тепловой режим водотоков и не вызывать активизации наледного процесса.

Рациональными типами опор мостов на водотоках с наледями являются свайные и столбчатые диаметром до 1 м.

Сваи и столбы могут быть вертикальными и наклонными. Последние целесообразно применять при опасности морозного пучения.

При проектировании на водотоках с наледями массивных опор рекомендуется фундаменты делать на высоком ростверке, чтобы уменьшить стеснение подруслового фильтрационного потока.

6. Пойменные насыпи подходов к мосту рекомендуется отсыпать из дренирующих грунтов. Бровка земляного полотна подходов должна возвышаться над уровнем наледи наибольшей мощности не менее 0,5 м.

Если насыпи подходов на наледном участке возводят из недренирующих грунтов, необходимо предусматривать устройство с верховой стороны бермы и укрепление ее откоса.

7. На непромерзающих до дна реках, если ледоход начинается одновременно с паводком, нормативную ледовую нагрузку при расчете опор необходимо принимать с учетом образования наледей. При этом к расчетной толщине речного льда добавляют среднюю по наледной поляне мощность наледи, умноженную на коэффициент 0,8.

8. В некоторых случаях проектирование мостов на водотоках с наледями может производиться по принципам безналедного пропуска водотока или задержания наледи выше моста.

При безналедном пропуске устраивают утепленные лотки. Это целесообразно делать, когда наледь питается источником подземных вод, находящемся выше перехода на небольшом расстоянии.

При задержании наледи выше моста устраивают мерзлотные пояса, загородительные валы и заборы. Такое решение может быть целесообразным при небольшом объеме наледи и пологом логе, позволяющем осуществлять накопление льда.

Однако указанные методы требуют ежегодных трудовых и денежных затрат на содержание и ремонт противоналедных устройств.

11.6. Гидравлические расчеты при наличии карчехода

1. На реках с карчеходом для количественной оценки этого явления необходимо произвести обмер длины стволов $l_д$, радиуса корневой системы $R_к$, а также определить число карчей на единице длины реки a (в штук/м), отложившихся на поймах и отмелях выше створа перехода. К расчету принимают средние характеристики.

2. При наличии карчехода возвышение низа пролетных строений назначают согласно требованиям СНиП 2.05.03—84, а пролеты—не менее средней длины ствола $l_д$.

3. Для защиты мостовых переходов от воздействия карчехода возможно в ряде случаев применять карчезадерживающие сооружения выше створа моста. При этом на карчезадерживающем сооружении будет формироваться залом, длину которого определяют по формуле [17].

$$l_з = W_з/[n_з B_р (H_р + z_{под} + 0{,}5)], \qquad (11.41)$$

где $W_з$—прогнозируемый объем карчехода, равный

$$W_з = 3600 v_к a t_{расч} W_к; \qquad (11.42)$$

$v_к$—средняя скорость карчи за время карчехода $t_{расч}$ при расчетном паводке, определяемая в зависимости от размера карчи и удельного расхода воды [17], а в первом приближении можно принимать равной средней скорости потока в русле за указанное время; $W_к$—объем расчетной карчи, определяемый обме-

ром, время продолжительности карчехода $t_{расч}$ (в час) определяют по гидрографу расчетного паводка в пределах расходов, соответствующих началу и концу карчехода, $n_з$—коэффициент плотности залома ($n_з \approx 0{,}15—0{,}2$), $B_р$, $H_р$—ширина и глубина русла в расчетный паводок, $z_{под}$—подпор воды перед заломом

Прогнозируемые размеры залома позволяют оценить нагрузку на карчезадерживающее сооружение и число лет эксплуатации этих сооружений без очистки от древесины [17]

11 7 Отверстия мостов, располагаемых вблизи существующих

1 Расстояние между мостами l, на котором не сказывается их гидравлическое взаимодействие, определяют неравенством

$$l > H_{бм}\mu, \qquad (11\,43)$$

где $H_{бм}$—средняя глубина воды в бытовых условиях на части живого сечения, перекрываемой мостом, μ—коэффициент, определяемый по п 10 6 (см формулу 10 73)

2 Необходимо провести обследование существующего моста в соответствии с требованиями гл 4, обратив особое внимание на плановые деформации (уширение) и перемещения русла в районе перехода, развитие размывов подмостового русла, работу регуляционных и укрепительных сооружений Проверяют достаточность отверстия существующего моста (см гл 4)

3 При расстоянии между проектируемым и существующим мостами до 30 м их можно рассматривать совместно работающими на пропуск паводка. Исходя из этого

а) отверстие проектируемого моста нужно назначать, как правило, равным существующему и предусматривать устроиство общих для обоих мостов струенаправляющих дамб,

б) разбивку проектируемого моста на пролеты желательно принимать такой же, как и на существующем мосту;

в) при одинаковой разбивке на пролеты существующего и проектируемого мостов (т е. когда оси опор совпадают), близком расположении опор и косом набегании потока при определении глубины местного размыва и величины отверстия моста в свету в расчет, если отсутствуют результаты моделирования, с запасом необходимо включать суммарную длину опор,

г) при разных пролетах существующего и проектируемого мостов и при отсутствии специальных исследований расчет общего размыва нижерасположенного моста определяют с учетом стеснения его опорами обоих мостов

Если выполненная проверка показала недостаточность отверстия существующего моста, то необходимо рассмотреть вариант его реконструкции с увеличением отверстия

4. Если гидравлическая работа существующего и проектируемого мостов будут взаимосвязаны, то необходимо

а) при назначении величины отверстия проектируемого моста учитывать результаты проверки достаточности отверстия существующего моста,

б) размещение отверстия, назначение размеров и очертания регуляционных сооружений проектируемого моста производить с

учетом ситуационных особенностей района перехода (плановая конфигурация русла, рельеф и растительность на пойме, размещение существующего моста, его регуляционных сооружений и т. д.), а также планового расположения основных направлений течения с учетом влияния существующего моста;

в) оценивать изменения, которые вносит проектируемый мостовой переход в существующий план течения, и влияние этих изменений на работу существующего моста;

г) учитывать при расчете общего размыва подмостового русла проектируемого моста и поверочном расчете общего размыва под существующим мостом перераспределение расхода по ширине разлива по сравнению с бытовыми условиями за счет сжатия потока (при расположении рассчитываемого моста выше по течению) и его растекания (то же, но ниже по течению);

д) перед верховым мостом учитывать увеличение подпора, которое определяют согласно рекомендациям п. 10.6.

Глава 12. ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЕЧЕНИЙ, ВОЛН И ЛЬДА НА СООРУЖЕНИЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

12 1 Параметры воздействия водного потока

1 Водные потоки вызывают размывы у оснований сооружении мостовых переходов и воздействуют на их укрепления продольными течениями

2 Наиболее опасны местные размывы Расчеты глубин местных размывов изложены в гл 10 и 14 Защита сооружений от местного размыва должна вестись в направлении не полной его ликвидации, что в подавляющих случаях нерентабельно и трудновыполнимо, а экономически обоснованного сокращения размыва, исключающего подмыв сооружения

3 Определяющим фактором при оценке необходимости защиты откосов от продольного течения (и мощности укреплении) является скорость потока v у сооружения Обычно рассматривают следующие участки дороги и элементы мостового перехода, где требуются укрепления откосов

а) в отверстии моста—у конусов устоев и струенаправляющих дамб,

б) на прижимных участках (особенно у вогнутого берега)—при воздействии руслового потока,

в) долинные хода и косое пересечение потока подходной насыпью, направленной вверх по течению—при воздействии пойменного потока

Скорость, глубину и направление продольных течений на требуемых вертикалях и участках определяют для расчетных (неблагоприятных) гидроморфологических условий

4 Гидравлические характеристики потока в отверстии моста и, в частности, на вертикали у подошвы струенаправляющих дамб определяют согласно рекомендациям п 10 4 с учетом п 14 2

5 Скорости и глубины потока на прижимных участках русел определяют согласно рекомендациям гл 9 (см пункты, посвященные меандрирующим руслам)

При закреплении вогнутого берега излучин следует учитывать размывы у подошвы укрепленного откоса, возникающие в связи с предотвращением естественного хода руслового процесса Глубина потока у закрепленного вогнутого берега может быть определена по формуле [5]

$$h_{max}=0{,}67H_{р}\exp\left[\frac{1{,}26м}{n^{1/4}(1+m)^{1/4}}\ \frac{v_{р}}{v_{0}}\ \frac{r^{2}-r_{и}^{2}}{r_{и}^{2}}\right], \qquad (12\ 1)$$

где $H_{р}$, $v_{р}$—соответственно средние глубина и скорость потока в рассматриваемом створе русла, v_{0}—неразмывающая скорость для подстилающего грун та русла на вертикали с глубинои $H_{р}$ (см п 10 3), n—коэффициент шерохо ватости укрепления, определяемый в зависимости от материала укрепления, (для плитных укреплений $n=0{,}011+0{,}015$, для каменной наброски $n=0{,}030-$

$\div 0{,}045$); $r_и$—минимальный радиус кривизны излучины (по оси русла), определяемый по формулам гл 9; $r=(r_и+B_р/2)$—то же, у вогнутого берега, м—коэффициент, принимаемый для вертикальных стенок и стенок с коэффициентом заложения откоса $m<1$, а также укреплении откосного типа без фундамента (например, каменная наброска), равный единице, для откосного типа укрепления (при $m \geqslant 1$) с вертикальной гранью фундамента м=1,2

6. При взаимодействии пойменного или руслового потока с подтопляемыми участками дорог (долинные хода) глубину потока у подошвы насыпи, стесняющей долину реки, можно определить из уравнения неравномерного установившегося движения воды в конечных разностях (см. п. 8 1). По полученному уровню воды и известному живому сечению в рассматриваемых створах возможно распределить расход по сечению (например, по уравнению Шези) и получить скорость потока у насыпи. Более подробно определение гидравлических характеристик потока у насыпи, стесняющей водоток, см. [15].

7. Среднюю скорость потока у подошвы насыпи с верховой ее стороны на i-ой вертикали можно определить из уравнения Шези (в м/с)

$$v_i = \frac{h_i^{2/3}}{n}\sqrt{i_{нi}},$$

где $h_i = h_{бi} + \Delta h_{нi}$—глубина потока (в м) на i-ой вертикали, которая складывается из глубины в естественном состоянии $h_{бi}$ и подпора $\Delta h_{нi}$, возникающего от стеснения потока насыпью, $i_{нi}$—локальный продольный уклон свободной поверхности потока вдоль насыпи, определяемый в зависимости от расстояния l_i i ой вертикали до ближайшего устоя моста, местоположения вертикали (на широкой пойме шириной B или более узкой αB при $\alpha<1$) и максимального подпора Δh_{max} (табл 12 1). Максимальный подпор Δh_{max} и подпор у насыпи $\Delta h_{нi}$ на i-ой вертикали определяют согласно рекомендациям п. 10 6

8. При косом пересечении пойменного потока подходной насыпью, направленной вверх по течению от моста, среднюю скорость потока вдоль насыпи определяют также по формуле (12.2). При этом l_i и B принимают вдоль насыпи (а не по ее проекции на ширину речной долины).

9 У продольных пойменных сооружений (насыпей и дамб обваловывания) размыв у подошвы образуется при превышении средней скорости потока над неразмывающей. Глубину потока (а, следовательно, и глубину размыва) при известных скорости и глубине потока до размыва у подошвы сооружения определяют по формулам п. 10.4, как для условий при дефиците донных наносов.

При взаимодействии руслового потока с подтопляемыми участками дорог, которые стесняют сечение реки, глубины размыва у подошвы насыпи также определяют по формулам п. 10 4, но для условий беспрепятственного поступления наносов к участку расположения насыпи в русле.

12 2. Параметры ледового воздействия

1. Элементы мостового перехода должны быть устойчивы против воздействия льда Ледовые нагрузки определяют в соответствии с требованиями СНиП 2 06 04—82* [80] и СНиП 2 05.03—84 [75]

Таблица 12.1

Относительная ширина поймы α	Диапазон относительного расстояния l/B от ближайшего устоя моста	Формулы для определения уклона $i_н$ свободной поверхности вдоль насыпи (со стороны верхнего бьефа)
1	0—0,05	$7{,}2\Delta h_{max}/B$
	0,05—0,6	$0{,}48(l/B)^{0,4}\Delta h_{max}/l$
	>0,6	$0{,}0625\Delta h_{max}/B$
0,75	0—0,05	$6{,}9\Delta h_{max}/B$
	0,05—0,7	$0{,}46(l/B)^{0,4}\Delta h_{max}/l$
	>0,7	$0{,}1\Delta h_{max}/B$
0,5	0—0,05	$6{,}3\Delta h_{max}/B$
	>0,05	$0{,}42(l/B)^{0,4}\frac{\Delta h_{max}}{l}$
0,25	0—0,05	$5{,}6\Delta h_{max}/B$
	>0,05	$0{,}28(l/B)^{0,35}\Delta h_{max}/B$
<0,25	0—0,05	$9{,}75\alpha^{0,3}\Delta h_{max}/B$
	>0,05	$0{,}36\alpha^{0,3}(l/B)^{0,3}\Delta h_{max}/B$

Примечание Δh_{max}—максимальный подпор у насыпи со стороны широкой поймы шириной B, l—расстояние от вертикали, где определяют уклон $i_н$, до ближайшего устоя; α—отношение ширин узкой и широкой пойм.

в процессе проектирования конструкций моста, насыпей подходов, регуляционных дамб и других элементов мостового перехода. Задачей гидрометеорологических работ является определение исходных данных по ледовой обстановке для расчета указанных конструкций на ледовые воздействия.

Исходные данные по ледовой обстановке необходимо устанавливать по ряду натурных наблюдений длительностью не менее 5 лет [75]. Используют материалы Ресурсов поверхностных вод, Государственного водного кадастра (ранее—Гидрологические ежегодники), монографии, проектные и изыскательские материалы организаций, проводивших работы на исследуемом объекте ранее. При отсутствии в районе расположения сооружения наблюдений длительностью свыше 5 лет привлекают данные аналогов и косвенные методы оценки факторов ледовой обстановки. В неизученных районах исходные данные по ледовой обстановке устанавливают на основе специальных ледовых изысканий (см. п. 14).

2. Для оценки ледового воздействия на элементы мостовых переходов необходимо установить следующие характерные уровни и даты:

расчетный уровень высокого ледохода 1% обеспеченности (1% РУВЛ);

уровень высшего наблюденного ледохода (УВНЛ);

расчетный уровень высокого ледохода 10%-й обеспеченности ($РУВЛ_{10\%}$),

уровень низшего наблюденного ледохода (УННЛ),

уровень низкого ледохода 90%-й обеспеченности,

уровни первои подвижки льда (УППЛ) наивысший и наинизший наблюденныи 1%-й и 10%-й обеспеченности (последние два—при ежегодных подвижках и длительности ряда непрерывных наблюдений не менее 15 лет),

наинизший наблюденныи уровень зимней межени, уровень зимней межени обеспеченностью 90%,

ранняя, поздняя и средняя даты ледохода,

ранняя, поздняя и средняя даты ледостава,

даты ранней, поздней и средней первой подвижки льда

3 Элементы мостовых переходов должны воспринимать нагрузки и воздействия от движущихся ледяных полей, от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении, от зажорных и заторных масс льда, от примерзшего ледяного покрова при изменении уровня воды

Характер нагрузки определяется временем (датой) наиболее неблагоприятного воздействия льда на сооружение Так, для нагрузки от двужущегося ледяного поля принимают состояние льда, приуроченное к дате начала ледохода

Силовые воздействия льда на сооружения мостовых переходов определяются прочностью льда, характеризуемой нормативным сопротивлением сжатию R_c, изгибу R_f и смятию $R_в$

Формулы и методы СНиП 2 06 04—82* определения нагрузок применимы при толщине льда не более 1,5 м

4 При отсутствии опытных данных нормативные сопротивления льда сжатию R_c и изгибу $R_f \approx 0{,}75R_c$ определяют по СНиП 2 06 04—82* в зависимости от среднесуточной температуры воздуха t_a °С за несколько суток до воздействия льда на сооружения (при толщине льда 0,5 м и менее—за трое суток, в остальных случаях—за 6 суток)

С целью определения требуемой температуры t_a для каждого года наблюдений на опорном водомерном посту гидрометслужбы (ближайшем к створу проектируемого мостового перехода) устанавливают дату опредсляемого состояния льда (например, начала ледохода), а по Справочнику по климату СССР—среднесуточную температуру воздуха t_a за необходимое число дней до этой даты За расчетную величину принимают среднеарифметическое из t_a за все годы Для предварительных расчетов за величину t_a допускается принимать средние из среднесуточных температур воздуха за необходимое число дней до начала ледохода из трех характерных лет—с ранним, поздним и средним по времени наступлением ледохода

5 Для определения нормативного сопротивлсния сжатию необходимо определить расчетную толщину льда h_d Для речного льда величина h_d принимается равной 0,8 максимальнои за зим

ний период толщине льда обеспеченностью 1% ($h_{л1\%}$). Величину $h_{л1\%}$ получают путем статистической обработки ряда максимальных наблюденных толщин льда по годам на опорной метеорологической станции. Наблюденные величины ранжируют в порядке убывания, для каждого члена определяют эмпирическую вероятность превышения P_m по формуле (7.2).

На клетчатку нормального распределения наносят полученные точки, через них проводят эмпирическую кривую распределения и экстраполируют ее до значения P_m=1%. При выполнении статистической обработки следует руководствоваться указаниями СНиП 2.01.14—83 [71]. Величину $h_{л10\%}$ определяют аналогично $h_{л1\%}$.

При отсутствии натурных данных толщину льда во время весеннего ледохода и в зимний период определяют согласно п. 7.11.

6. Для определения нагрузки от ледяных полей на элементы мостового перехода необходимо определить скорость движения ледяного поля v.

При наличии данных натурных наблюдений за скоростями движения льдин величину v следует определять непосредственно по этим данным. При отсутствии таких наблюдений допускается принимать величину v равной:

для рек—скорости течения воды при уровне движения ледяных полей (см. п. 7.11);

для водохранилищ—3% от значения скорости ветра 1%-ной обеспеченности в период движения льда, но не более 1 м/с.

7. Для определения нагрузки от движущихся ледяных полей необходимо установить расчетные размеры ледяного поля. Площадь ледяного поля А в соответствии со СНиП 2.06.04—82* определяют по натурным наблюдениям в данном или смежном пунктах. Для назначения размеров ледяных полей необходимо использовать данные единичных замеров, проводимых организациями гидрометеорологической службы и другими организациями (систематические наблюдения за размерами ледяных полей в системе водпостов Госкомгидромета пока не ведутся).

Кроме этого, следует организовать на объекте собственные наблюдения, осуществить опрос старожилов. При отсутствии возможности более обоснованного решения вопроса расчетную площадь ледяного поля для незарегулированных рек принимают равной $A=3B_р$, где $B_р$—ширина русла.

8. Для определения нагрузки от остановившегося ледяного поля необходимо определить максимальную скорость течения воды подо льдом 1%-ной обеспеченности в период ледохода v_{max} и максимальную скорость ветра обеспеченностью 1% в период ледохода $v_{W\,max}$. Величину v_{max} принимают равной средней для русла поверхностной скорости течения воды при расчетном уровне высокого ледохода (РУВЛ). При отсутствии данных наблюдений величина $v_{max}=1{,}25\ v_{ср}$, где $v_{ср}$—средняя скорость течения воды в русле при РУВЛ.

9. Значение $v_{w\,max}$ получают следующим путем. Устанавливают длительность периода ледохода, т. е. периода от самой ранней даты начала ледохода до самой поздней даты конца ледохода за весь период наблюдений на опорном водомерном посту. За этот период времени по данным опорной метеостанции определяют максимальные ежегодные скорости ветра для совокупности опасных направлений. Для рек это направления, проекции которых на ось потока совпадают с направлением течения, для низовьев водохранилищ—все направления за исключением параллельных оси моста. Полученные значения максимальных ежегодных скоростей ветра подвергают статистической обработке с построением эмпирических кривых распределения и назначением $v_{w,max1\%}$ Переход от опорной метеостанции к водной поверхности у мостового перехода, а также выбор метода расчета ведут в соответствии с [46].

10. При наличии опасности появления в створе мостового перехода в период ледостава поддерживаемой майны или длительно незамерзающей полыньи необходимо учитывать нагрузки на элементы мостового перехода от температурного расширения ледяного поля.

Для определения этих нагрузок необходимы следующие гидрометеорологические данные (в дополнение к определенным ранее):

протяженность ледяного покрова L_m, м;

максимальная скорость повышения температуры воздуха $v_{t,a}$ за время t, град/ч;

начальная температура воздуха $t_в$, °С, от которой начинается ее повышение;

наименьшая толщина снежного покрова $h_{s\min}$, м;

средняя скорость ветра $v_{w\,m}$, м/с.

При расположении майны (полыньи) в створе перехода величину L_m принимают равной длине майны (полыньи) вдоль потока; расчет нагрузки от температурного расширения льда ведут для опор, отстоящих от края майны (полыньи) на расстояние, менее L_m; величина L_m в этом случае не должна превышать расстояния от края майны до устоя моста при расчетном уровне ледостава.

При расположении майны (полыньи) выше или ниже створа мостового перехода величину L_m принимают равной ширине майны (полыньи) в направлении, перпендикулярном оси потока.

Расчет нагрузки от температурного расширения льда ведут для опор, расположенных выше или ниже майны (полыньи) в пределах ее ширины и на расстоянии, меньшем L_m от края майны (полыньи).

Значение $v_{t,a}$ определяют следующим образом. По данным опорной метеостанции устанавливают наибольшую за весь период наблюдений разность температуры воздуха Δt°С за два смежных срока, время между которыми t фиксируют (при 4-х срочных наблюдениях $t=6$ ч, при 8-ми срочных—$t=3$ ч и т. д.). Фиксируют

дату этого наблюдения, а также температуру $t_в$, °С, от которой началось указанное максимальное повышение температуры воздуха. Определяют $v_{t,a}=\Delta t/t$.

Значения $h_{s\min}$ устанавливают по данным натурных наблюдений; при отсутствии их необходимо принимать $h_{s\min}=0$

Среднюю скорость ветра в день наблюдения максимального повышения температуры воздуха v_{wm} определяют как среднее арифметическое всех срочных наблюдений за скоростью ветра с переходом от опорной метеостанции к ледовой поверхности у мостового перехода [46].

11. При возможности образования на реке в районе мостового перехода зажоров, т. е закупорки живого сечения шугой, следует установить необходимые характеристики: максимальный зажорный уровень, расчетную толщину зажора h_j, длину участка зажора L_j, максимальную скорость течения воды $v_{\max j}$ и уклон водной поверхности в створе мостового перехода при зажоре i_j.

Величину h_j следует принимать по данным натурных наблюдений. Допускается принимать h_j по ледотермическому режиму прилегающих участков реки, но не более 80% средней глубины потока в зажорный период. Величину L_j принимают равной полуторной ширине реки в створе сооружения. Величину $v_{\max j}$ и i_j следует принимать по данным натурных наблюдений.

12 В районах с суровой зимой, в особенности для рек, текущих с юга на север, необходимо учитывать возможность образования заторов льда.

Если выявлены случаи образования заторов в районе проектируемого мостового перехода до его строительства или установлена возможность образования заторов независимо от наличия перехода, то проводят углубленное изучение этих явлений. Для приближенных расчетов плотность льда в заторах можно принимать равной 600 кг/м^3, толщину льда в заторе—равной 12 высотам его надводной части.

13. Для определения нагрузок от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровней воды требуется определить следующие величины:

скорость понижения или повышения уровня воды v_d, м/с;

время, в течение которого происходит деформация ледяного покрова при понижении или повышении уровня воды t_d, ч;

время, в течение которого уровень воды изменится на величину, равную толщине льда, t_{cal}, ч

температура льда t_l, °С

Значения v_d, t_d и t_{cal} устанавливают по данным натурных наблюдений за уровнями воды в зимний период на опорном посту гидрометеослужбы. Устанавливают наибольшее за все годы повышение или понижение уровня воды за два смежных срока наблюдений; время между сроками будет равно величине t_d, а разница уровней Δh_d, деленная на t_d, даст величину v_d. Если Δh_d превышает среднюю для этого дня толщину льда $h_л$, то величину t_{cal}

определяют по зависимости $t_{cal}=t_d\frac{h_л}{\Delta h_d}$. Если $h_л$ превышает Δh_d, то время t_{cal} определяют, добавляя к t_d время изменения уровней до $h_л$ за сроки, смежные с вышеустановленными, при этом из двух возможных вариантов принимают меньшую величину.

Величину t_i назначают: при подъеме уровней воды $t_i=0$; при спаде—*по формуле*

$$t_i=t_c\eta_0,$$

где t_c—среднеарифметическая из средних суточных отрицательных температур воздуха за период t_{cal}; η_0—параметр, определяемый как

$$\eta_0=h_{л1\%}/h_п;$$

$h_п$—приведенная толщина ледяного покрова, равная

$$h_п=h_{л1\%}+1{,}43h_c+\frac{2}{\alpha_в},\ м,$$

h_c—наименьшая толщина снега за период t_{cal}, определяемая по данным натурных наблюдений на опорном водомерном посту гидрометеослужбы, а при отсутствии таковых принимаемая равной нулю; $\alpha_в$—коэффициент теплоотдачи от воздуха и поверхности снежного покрова, кал/ч. м^2, принимаемый равным $20\sqrt{v_{wm}+0{,}3}$ при наличии снега и $5\sqrt{v_{wm}+0{,}3}$ при отсутствии снега (v_{wm} — средняя скорость ветра за период t_{cal}, м/с).

14. Для уточнения ледовых условий в створе проектируемого мостового перехода проектно-изыскательская организация должна проводить ледовые наблюдения. Состав и объем работ определяют, *исходя из ледового режима реки, сроков разработки проектной документации*, стадии проектирования. Методику и объемы работ устанавливают применительно к [43]. Во всех случаях целесообразно проведение опроса местных жителей для выявления толщины льда, размеров ледяных полей, мест образования полыней, навалов льда, случаев разрушения сооружений льдом, мест промерзания реки до дна, образования наледей, заторов и зажоров, а также временной, качественной и количественной характеристики ледовых явлений.

12.3. Расчет ветровых и судовых волн и их наката на откосы сооружений

1. Наличие у сооружения акватории достаточной глубины и возникновения шторма (ветра) длительностью не менее 6 часов составляют основные факторы образования ветровой волны. По ее воздействию рассчитывают отметку бровки откоса, исходя из высоты наката волны на откос и типа защитной конструкции.

Параметры ветровой волны определяют по СНиП 2.06.04—82* [80] и ВСН 206—87 [46]. Волна и ее воздействие имеет характеристики (рис. 12.1):

$h_в$—высота волны—превышение гребня над подошвой;

λ—длина волны—расстояние между смежными вершинами волны;

$\frac{\lambda}{h_в}$—пологость волны; обратная величина называется крутизной волны;

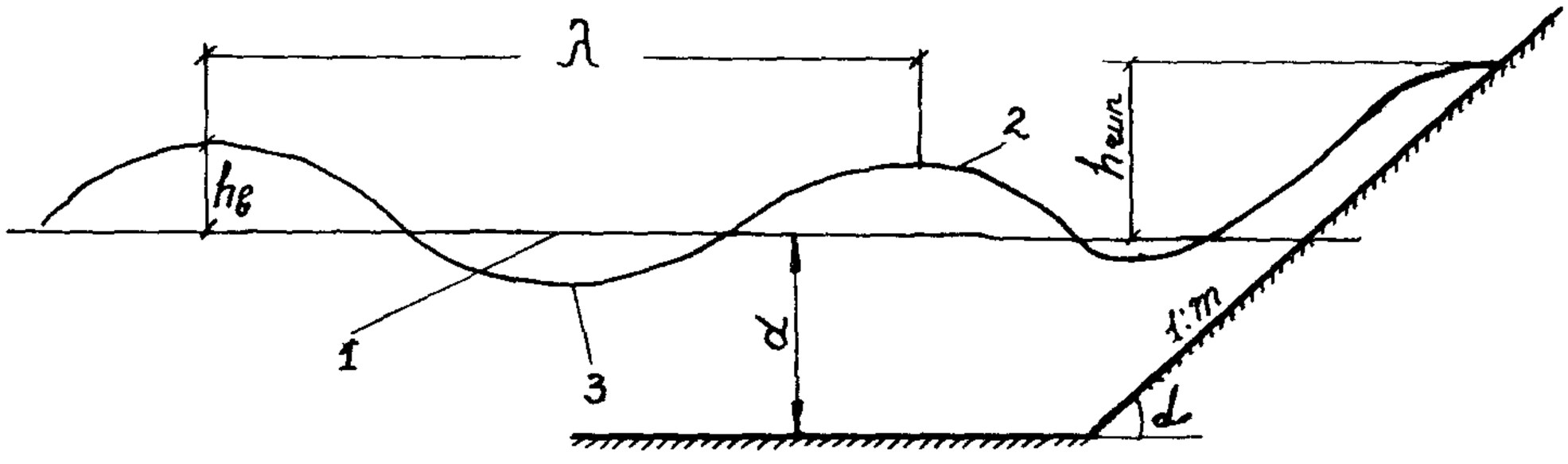


Рис 12.1. Профиль ветровой волны и ее наката на откос:
1—статический уровень; *2, 3*—вершина и подошва волны

T—период волны (время перемещения волны на свою длину λ);
h_{run}—высота наката волны на откос;
L—разгон волны—протяженность водной поверхности вдоль вектора скорости ветра (как правило по румбу);
d—глубина на акватории по линии разгона волны (можно принимать глубину на конце участков линии разгона).

Для практических расчетов воздействия волн на сооружения мостовых переходов акваторию достаточно подразделять по глубине на глубоководную и мелководную зоны:

глубоководная с глубиной $d>0{,}5\lambda_d$, где дно водоема практически не влияет на характер волнения (здесь λ_d—средняя длина волны для глубоководной зоны);

мелководная с глубиной $0{,}5\lambda_d \geqslant d$.

Наиболее частыми при проектировании мостовых переходов являются случаи расчета ветровых волн на мелководной зоне.

2. Для расчета параметров волны по каждому из рассматриваемых румбов необходимо иметь следующие исходные данные: длину разгона волны (расстояние по румбу от уреза берега до откоса L; глубины в водоеме по рассматриваемому румбу d; скорость ветра над водной поверхностью на высоте 10 м, вектор которой совпадает с рассматриваемым румбом v_w.

Длины разгонов и глубины по румбам зависят от конфигурации урезной линии водоема и расчетного уровня воды в нем. Исходные данные определяют по карте с горизонталями масштаба не мельче 1 : 25000 или натурной съемкой.

Расчетные параметры волн, воздействующих на откосы насыпи, определяют для нескольких характерных точек трассы мостового перехода отдельно для верховой и низовой по течению реки сторон по открытым румбам (румбам, проходящим по акватории водоема). Точки располагают в местах изменений азимута трассы, изменений длин разгонов волны перед откосом из-за конфигурации берега, разницы в глубинах на одноименных румбах, проведенных через разные точки трассы, а также при наличии на затапливаемой части поймы перед отдельными участками трассы

растительности, снижающей волновое воздействие. В результате по характерным точкам можно построить общую эпюру волнового воздействия на откосы всей трассы мостового перехода. На акватории с однообразной глубиной и береговой линией, отстоящей от откоса примерно на одинаковом расстоянии (например, трасса проходит вдоль берега реки), допустимо рассчитывать параметры волн для одной точки трассы, принимая средние значения глубин потока и длин разгона.

3. Параметры волн и высоту наката на откосы сооружений мостового перехода определяют с учетом подпора и нагона на уровнях УВВ, соответствующих расходам воды:

наибольшим для железных дорог и расчетным для автомобильных дорог при назначении бровки и верха укрепления (исходя из высоты наката волны на откос);

расчетным при расчете мощности укрепления.

Вероятности расчетных и наибольших паводков, нормируемые СНиП 2.05.03—84, приведены в табл. 7.1 Пособия.

При определении отметки бровки сооружения и верха крепления принимают шторм обеспеченностью 50% (т. е. раз в два года). В этой системе шторма высоту волны принимают обеспеченностью 1%, а в системе наката—1% обеспеченности высоты наката.

При длительно стоящих уровнях (НПУ в водохранилищах) бровку и верх укрепления сооружения следует также определять при шторме 4% обеспеченности (один раз в 25 лет) и 1% обеспеченности волн и наката в соответствующих системах. К расчету принимают наиболее неблагоприятные условия.

При расчете мощности крепления принимают шторм обеспеченностью 4% и в системе волн шторма волну обеспеченностью 5%. При дифференцировании типа и мощности укрепления по высоте откоса верхнюю границу основного крепления (нижнюю границу облегченного) назначают на высоте наката обеспеченностью 50%, т. е. на высоте 0,68 $h_{run1\%}$.

4. Для расчета параметров волны необходима скорость ветра на высоте 10 м над водной поверхностью. Ее получают из срочных наблюдений в течение непрерывных 25 лет за ветром на метеостанциях, расположенных от объекта проектирования не далее 200 км. В каждом году для расчета используют данные только тех месяцев, которые приходятся на период пиков паводков. По статистическим данным строят графики режимных функций для всех румбов, с которых затем снимают значения скоростей ветра v_{zl} нормативных обеспеченностей (см. прил. 12.1).

На каждом открытом румбе расчетную скорость ветра на высоте 10 м над водной поверхностью определяют по формуле

$$v_W = k_z k_{fl} \cdot k_l \cdot v_{zl}, \qquad (12.2)$$

где v_{zl}—скорость, измеренная на метеостанции по флюгеру на высоте z; k_z—коэффициент приведения к высоте 10 м, принимаемый равным: при $z=5$ м—1,1; при $z=10$ м—1, при $z=20$ м и более—0,9, $k_{fl}=0{,}675+4{,}5$ (но не более 1), k_l—коэффициент приведения скорости ветра к условиям водной поверхности определяют по рис 12.2 для разгонов длинои менее 20 км в зависимости от значения скорости $k_z v_{zl}$ и типа местности, в которой расположена метеостанция

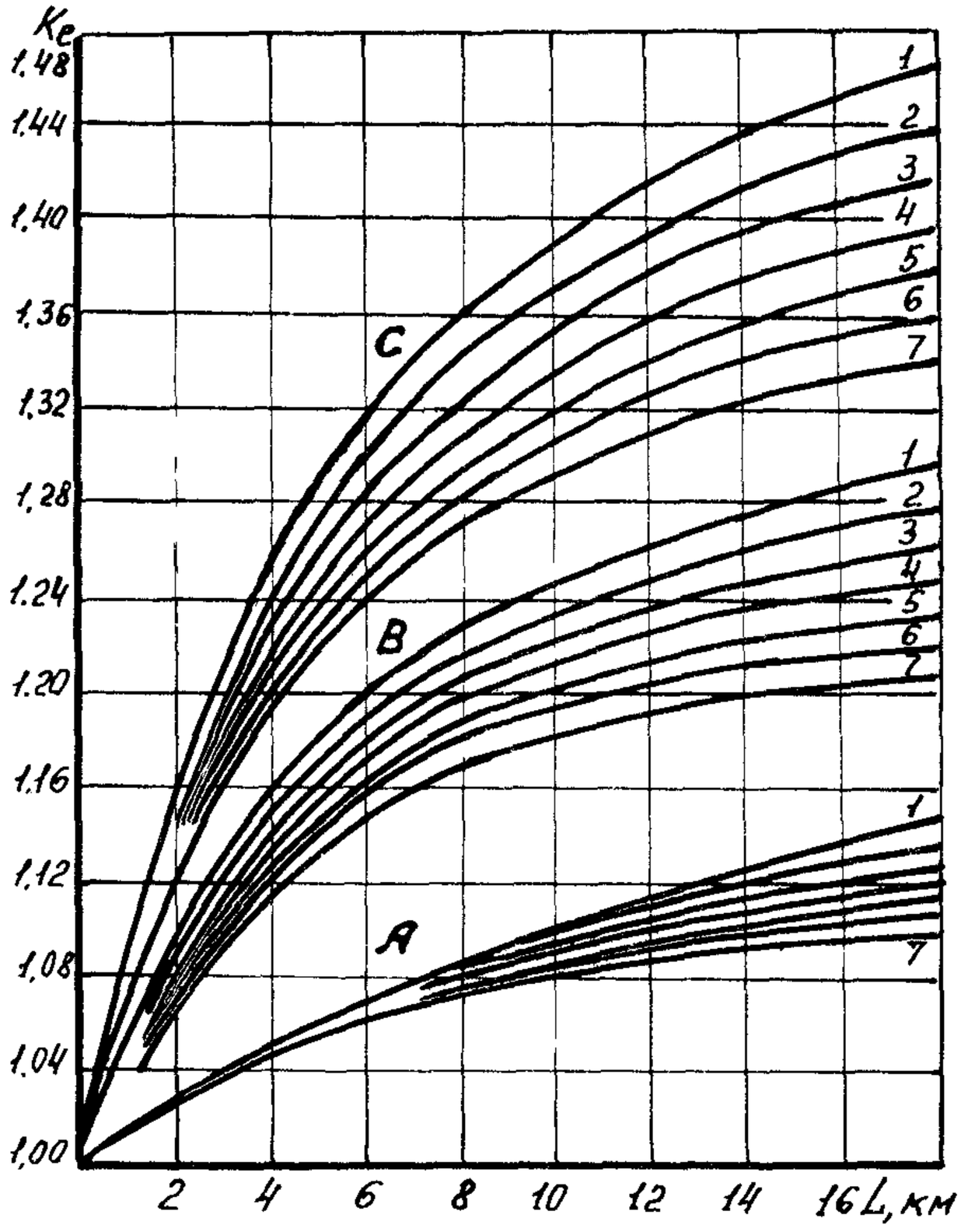


Рис. 12.2. Определение коэффициента k_l при скорости ветра v_W, м/с:
1—10; *2*—15; *3*—20; *4*—25; *5*—30; *6*—35; *7*—40; *А*, *Б*, *С*—тип местности

Тип местности принимают:

А—открытые местности (степи, лесостепи, пустыни, открытые побережья морей, озер, водохранилищ);

В—территории малых и средних городов, больших и крупных городов, застроенных зданиями высотой до 20 м;

С—территории больших, крупных и крупнейших городов, застроенных зданиями высотой свыше 20 м.

В прил. 12.1 дан пример определения расчетной скорости ветра.

5. Элементы ветровой волны для глубоководной и мелководной зон водоема на каждом открытом румбе определяют по графику (рис. 12.3) в зависимости от волнообразующих факторов v_W, d и L. По их безразмерным характеристикам $\frac{gL}{v_W^2}$ и $\frac{gd}{v_W^2}$ с графика снимают безразмерные характеристики средних значений элементов

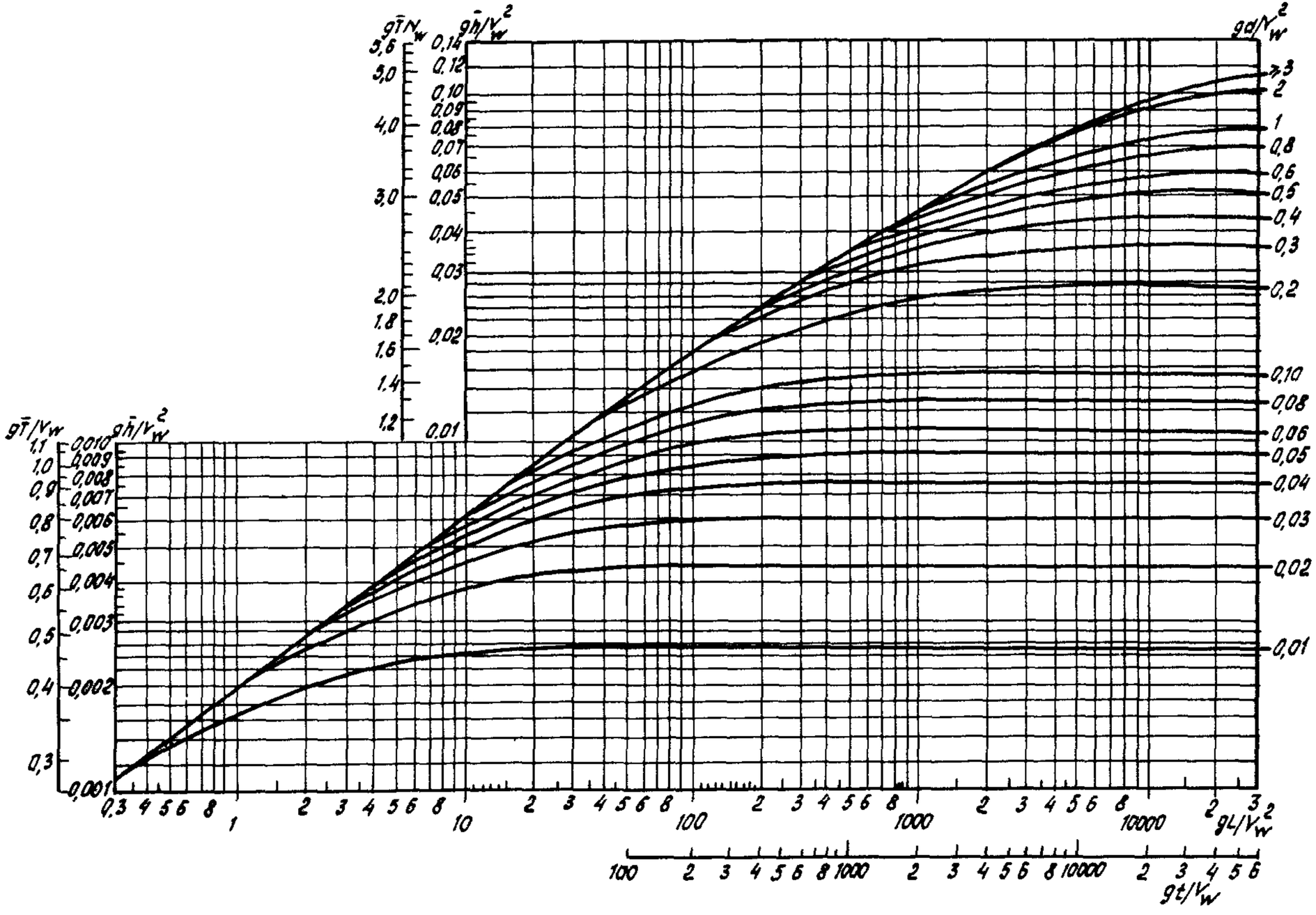


Рис. 12.3. Графики для определения элементов ветровых волн в глубоководной и мелководной зонах

волны $\frac{g\bar{h}}{v_w^2}$ и $\frac{g\bar{T}}{v_w}$, а затем рассчитывают средние высоту волны $\bar{h}$ и ее период $\bar{T}$. Среднюю длину волны $\bar{\lambda}$ определяют по формуле $\bar{\lambda}=\frac{g\bar{T}^2}{2\pi}$.

Волна расчетной обеспеченности 1% и 5% в системе волн шторма имеет значение $h_{1\%}=2{,}07\bar{h}$ и $h_{5\%}=1{,}76\bar{h}$.

Целесообразно при сложном рельефе дна на акватории вместо средней глубины учитывать изменение глубин по румбу, ведя расчет изменения высоты волны последовательно по участкам.

Румб с наибольшей волной в секторе $\pm 22{,}5°$ от нормали к оси насыпи в рассматриваемой точке трассы мостового перехода является волноопасным и, как для случая фронтального подхода, на эту волну ведется расчет наката (на $h_{1\%}$) и мощности укрепления (на $h_{5\%}$). При косом подходе главного (с большой волной) луча должна учитываться рефракция волны.

В случае сложного очертания береговой линии следует расчетные параметры волны определять с учетом влияния разгонов смежных через $\pm 22{,}5°$ трех лучей. Мощность укрепления можно рассчитывать по волне $h_{5\%}$, откорректированной в связи с ее трансформацией, рефракцией и обобщенными потерями по прил. 1 в [80].

В приложении 12.2 дана таблица параметров волн обеспеченности 1% в системе волн шторма и высоты наката.

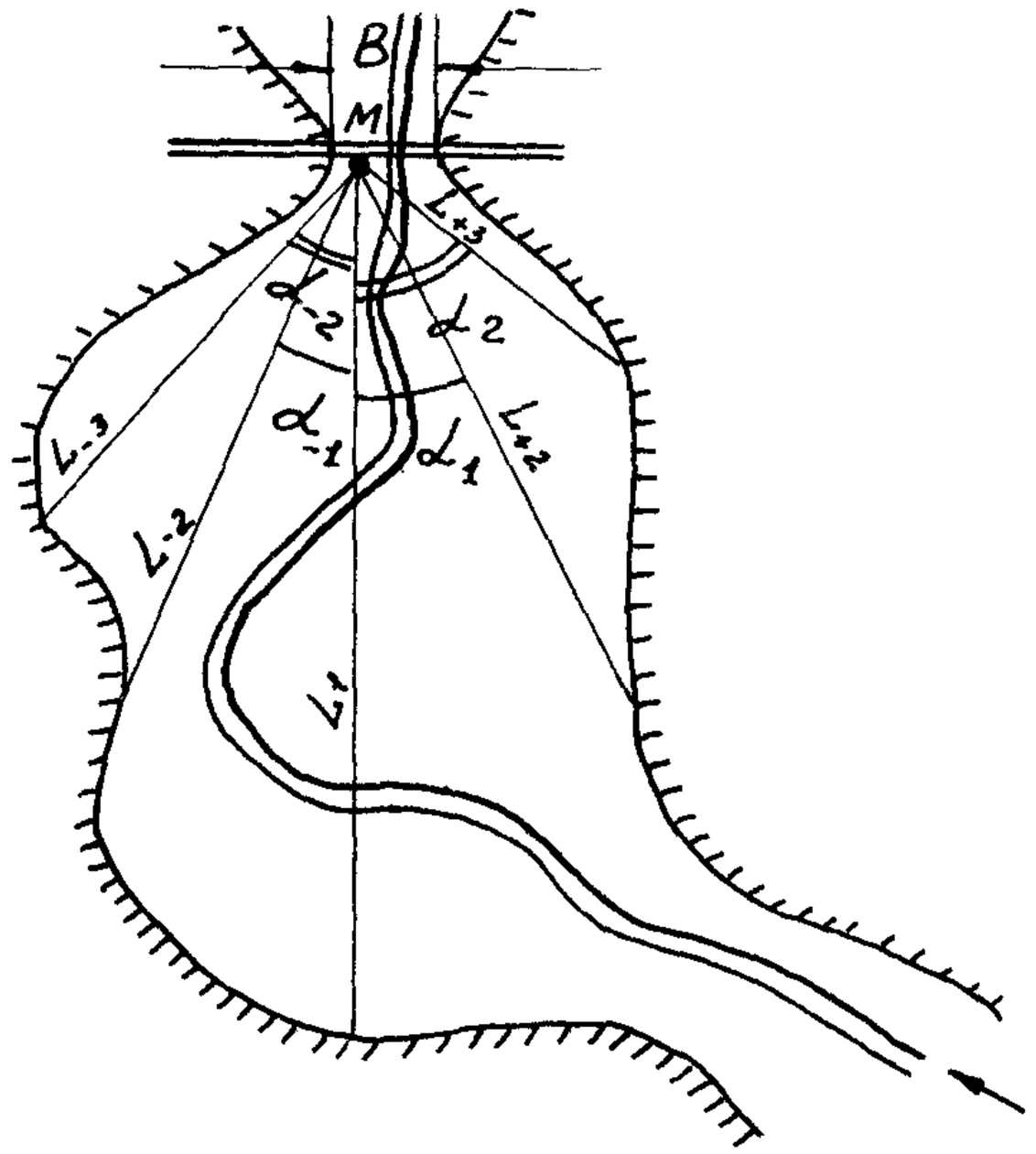


Рис. 12.4. Схема к расчету волн в узкости затопляемой поймы

6. Для узкого и длинного водоема (рис. 12.4) при определении высоты волны разгон назначают по направлению наибольшего ветра (с отклонением не более $\pm 22{,}5°$) из условий наибольшей протяженности. По этому направлению значение эквивалентного разгона определяют по формуле

$$L_{\text{р}} = 0{,}27\,[L_1 + 0{,}85\,(L_2 + L_{-2}) + 0{,}5\,(L_3 + L_{-3})],$$

где L_1—разгон по выбранному направлению; $L_{\pm n}$ —разгон по лучам $n = \pm 2;\ \pm 3$, составляющим угол с выбранным направлением $\alpha_1 = \alpha_{-1} = 22{,}5°$ и $\alpha_2 = \alpha_{-2} = 45°$.

Если отношение узкости B к эквивалентному разгону $B/L_{\text{р}} \leqslant 0{,}25$, то определенную по $L_{\text{р}}$ высоту волны $h_{\text{в}}$ корректируют коэффициентом $k_{\text{у}}$, снимаемым с графика (рис. 12.5),

$$h_{\text{у}} = k_{\text{у}} \cdot h_{\text{в}},$$

а если $0{,}25 < B/L_{\text{р}} \leqslant 0{,}7$, то расчетный разгон определяют как $L_{\text{расч}} = k_L \cdot L_{\text{р}}$,

принимая коэффициент k_L равным:

$B/L_{\text{р}}$	0,3	0,4	0,5	0,6	$\geqslant 0{,}7$
k_L	0,63	0,71	0,8	0,85	1

7. Учет изменения глубины потока по длине разгона при расчете параметров волн производят на участках с большими перепадами отметок дна акватории и наличии мелководных зон. В этом случае профиль по длине разгона разбивают на участки так, чтобы в пределах каждого участка уклон дна был примерно постоянным.

Для расчета волны на каждом последующем i-ом участке необходимо определять условный разгон, при котором сформировалась бы волна $\bar{h}_{i-1}$, полученная на предыдущем участке, если бы глубина потока d_{i-1} на нем была равна глубине потока d_i на последующем. Безразмерный условный разгон $g\,\Delta L/v_w^2$ определяют по графику (см. рис. 12.3) с учетом $\bar{h}_{i-1}$ и d_i (см. прил. 12.2).

Затем по графику (см. рис. 12.3) определяют среднюю глубину волны $\bar{h}_i$ по d_i и $\Delta L + L_i$.

Если по графику условный безразмерный разгон получить нельзя, то искомую среднюю высоту волны следует принимать по формуле

$$\bar{h}_i = 0{,}24 d_i. \qquad (12.3)$$

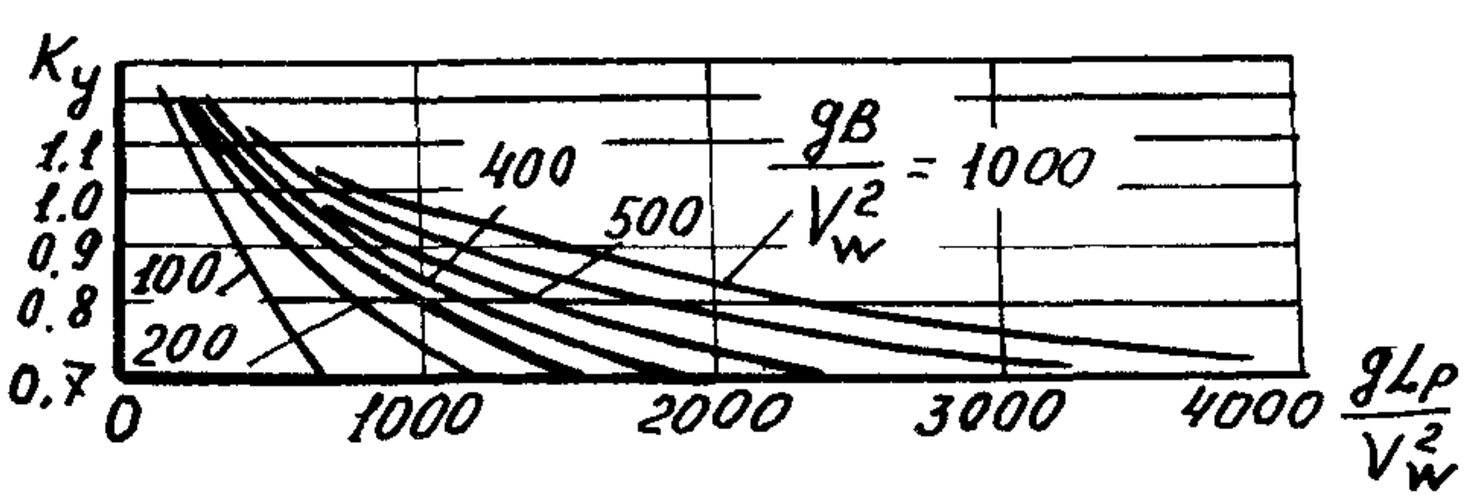


Рис 12 5 График значений коэффициента $k_{\text{у}}$

8. На затопляемой пойме кустарник и лес снижают высоту $h_{вл}$ подходящих к откосу волн $h_в$. Эффект гашения возникает, когда высота растительности будет не менее $d+0{,}7h_в$, и оценивается процентом гашения П % (рис. 12.6)

$$h_{вл}=h_в\,(100—П) : 100.$$

Волногасящий эффект определяется густотой зарослей p% (табл. 12.2) и зависит от ширины участка заселенности b по направлению расчетного румба, диаметра (измеряется ниже первых веток) и числа стволов на 1 м^2. При наличии в зарослях прогалин густоту зарослей снижают пропорционально площади.

Таблица 12.2

Диаметр стволов, см	Густота зарослей p, %, при количестве стволов на 1 м^2			
	1	5	10	15
1,0	0,008	0,01	0,079	0,119
1,5	0,018	0,088	0,177	0,265
2,0	0,031	0,157	0,314	0,472
3,0	0,071	0,353	0,707	1,15
4,0	0,126	0,628	1,26	—
5,0	0,196	0,982	—	—

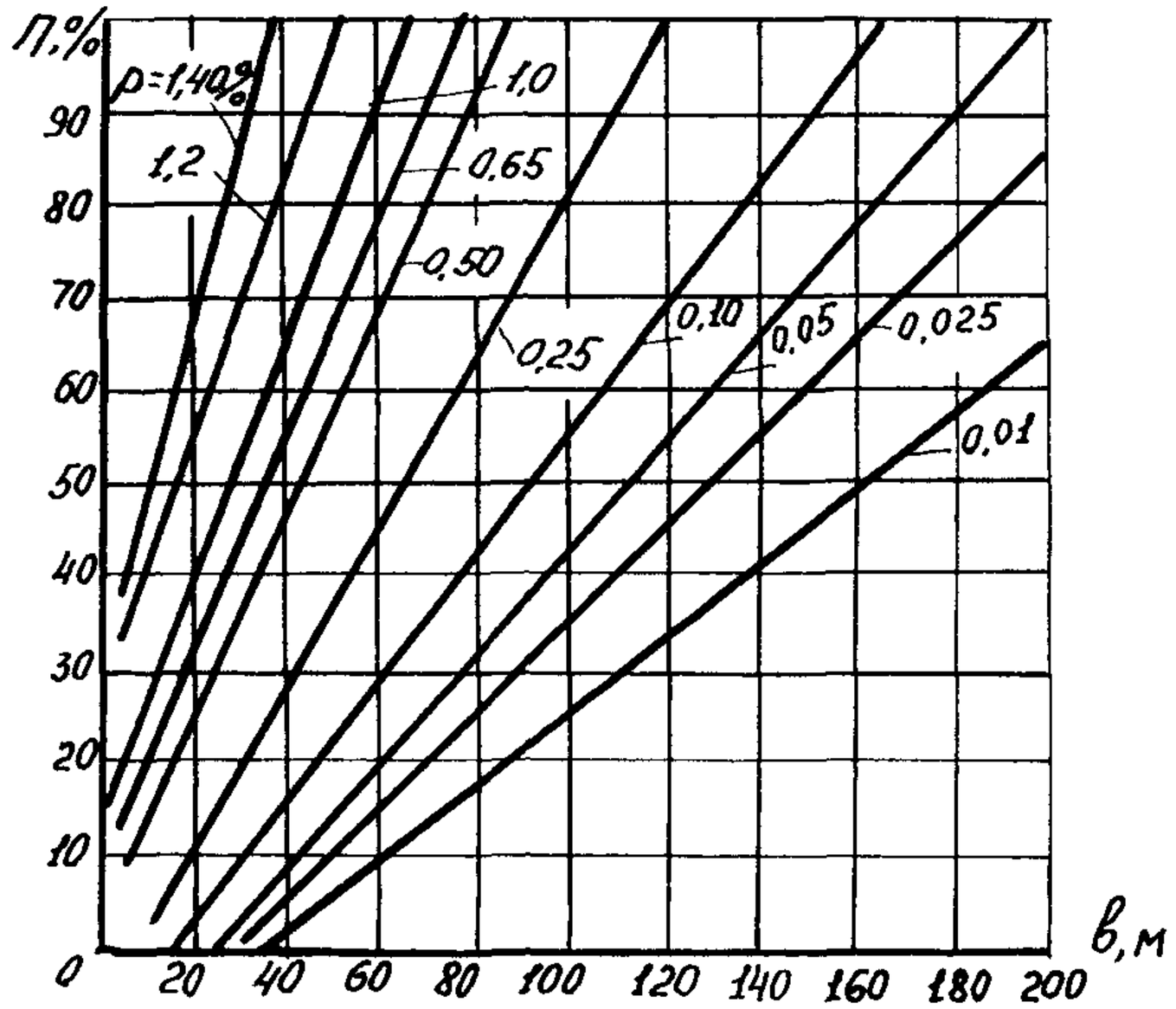


Рис. 12.6 Определение коэффициента гашения высоты волны П в зависимости от ширины полосы кустарника b и процента густоты зарослей p

9. Высоту наката $h_{run1\%}$ (обеспеченность по накату 1%) на откос заложением m фронтально подходящей волны $h_в$ определяют по формуле

$$h_{run1\%} = k_r \cdot k_{sp} \cdot k_{run} h_{1\%}, \qquad (12.4)$$

где k_r—коэффициент шероховатости и проницаемости откоса, принимаемый по табл. 12.3; k_{sp}—коэффициент, принимаемый по табл. 12.4; k_{run}—коэффициент, принимаемый по табл. 12.5 в зависимости от пологости волны $\lambda/h_{1\%}$.

Таблица 12.3

Конструкция укрепления откоса	Относительная шероховатость $r/h_{1\%}$	Коэффициент k_r
Бетонные плиты	—	0,9
Каменная наброска	$\leqslant$0,002	0,9
	0,005—0,01	0,81
	0,02	0,72
	0,5	0,56
	0,1	0,45
	$\geqslant$0,2	0,35

Примечание. Размер r принимают равным среднему диаметру частиц в материале наброски.

Таблица 12.4

Скорость ветра v_W, м/с	Коэффициент k_{sp} при заложении откоса m		
	1—2	3—5	>5
$\geqslant$20	1,4	1,5	1,6
10	1,1	1,1	1,2
<5	1,0	0,8	0,6

Таблица 12.5

$\lambda/h_{1\%}$	k_{run} при заложении откоса m				
	2	3	5	10	20
7	1,6	1,0	0,65	0,33	0,17
10	1,8	1,2	0,77	0,38	0,20
15	2,4	1,5	0,88	0,46	0,23

При подходе фронта волны к откосу под углом α град высоту наката уменьшают умножением на коэффициент k_α:

$\alpha°$	0	10	20	30	40	50	60
k_α	1	0,98	0,96	0,92	0,87	0,82	0,76

10. На судоходных реках и каналах воздействие судовой волны на откосы рассчитывают, исходя из скорости движения судна и его водоизмещения по СНиП 2.06.04—82* [80]. Высоту судовой волны на расчетном уровне РСУ определяют по формуле

$$h_{sh}=2\frac{v_{adm}^2}{g}\sqrt{\frac{\delta d_s}{l_{\text{п}}}},$$

где d_s и $l_{\text{п}}$—осадка и длина судна; δ—коэффициент полноты водоизмещения судна (может быть принят равным 0,8—0,9); v_{adm}—скорость судна

Высота наката h_{rch} на откос судовых волн

$$h_{rsh}=\beta_{sl}\frac{0{,}5h_{sh}+0{,}5\cdot\frac{v_{adm}^2}{g}m}{1-0{,}05m},$$

где β_{sl}—коэффициент для откосов, облицованных плитами, равен 1,4, каменным мощением—1,0 и наброской—0,8.

Для судов на подводных крыльях производят специальный расчет.

12.4. Выбор типов укрепления

1. Сооружения мостовых переходов должны быть защищены от возможных продольных течений, волновых и ледовых воздействий. В зависимости от этих воздействий назначают тип укрепления, обеспечивающий эффективную и бесперебойную работу укрепляемых сооружений или стабилизацию деформаций берегов.

Принятое решение должно быть обосновано технико-экономическим сравнением возможных по условию прочности вариантов укрепления. Возможные варианты обычно сравнивают по стоимости и расходу материалов на единицу размера укрепления. Важнейшими показателями при обосновании вариантов укрепления, кроме того, являются трудовые затраты, степень механизации и сезонность работ, применение местных материалов и индустриальность изготовления покрытия, однотипность укреплений.

2. Условия работы укреплений зависят от их расположения относительно уровней воды. С этой точки зрения берега и откосы по высоте условно делят на зоны: подводную, переменного уровня и надводную.

Подводная располагается ниже меженного уровня на реках и наинизшего уровня (мертвого объема) на водохранилищах.

Зона с переменным уровнем расположена выше подводной и ограничена запасом выше отметки наката волны при расчетном (*или наибольшем для железных дорог*) уровне с учетом подпора вследствие сжатия потока мостовым переходом. Выше расположена незатопляемая надводная зона.

Высоту наката волны определяют согласно п. 12.3. При ледовых воздействиях верх зоны с переменным уровнем будет определяться высотой навала на откос. Для приближенной оценки возможных навалов льда на откосы берегов и сооружений можно пользоваться формулой [5].

$$\Delta H = 2{,}62 \sqrt{\frac{F_s m}{g\varphi L_н \rho_л (1+fm)}}, \qquad (12.5)$$

где F_s—горизонтальная составляющая силы (в ньютонах) от воздействия остановившегося ледяного поля, наваливающегося на сооружение откосного типа (*насыпь подходов*) на участке $L_н$ при действии течения воды и ветра, определяемая по СНиП 2.06.04-82;* $\rho_л$—плотность льда (можно принимать 900 кг/м³); f—коэффициент трения льда о поверхность сооружения, принимаемый равным для бетона 0,11—0,15 и камня 0,3—0,4; φ—коэффициент, значения которого зависят от коэффициента заложения откоса m:

m	1,5	2,0	2,5	3,0	5,0
φ	0,27	0,60	0,85	1,04	1,24

Область применения распространенных типов укрепления для каждой зоны откоса с краткой их характеристикой приведена в прил. 12.4, конструкция укрепления—в альбомах конструкций крепления откосов [1,2].

3. Тип и мощность укрепления назначают и рассчитывают по определяющему воздействию, т. е. воздействию, требующему более мощное укрепление.

Расчет укреплений включает определение характеристики материала верхнего слоя, непосредственно воспринимающего силовое воздействие (например, крупность камня), общей толщины верхнего слоя, состав и толщины подготовки, размер упорной призмы.

Расчет наиболее простого из индустриальных типов укрепления—каменной наброски—детально изложен в [54].

Для прикидочной оценки типа и мощности укрепления полезны зависимости, представленные в табл. 12.6.

4. Толщину каменной наброски следует назначать не менее трех слоев.

Для обеспечения отсутствия суффозии (выноса из пор наброски частиц грунта в теле укрепляемого сооружения) должно соблюдаться условие $d_н/d \leqslant 6—8$, где $d_н$, d—крупность камня и грунта в теле сооружения.

Если условие не соблюдается, то требуется устройство обратного фильтра. На практике его заменяют подстилающим слоем из щебня, гравия или более мелкого камня крупностью $d_п$, чтобы $d_н/d_п \leqslant 6—8$.

При соблюдении условия $d_н/d_п \leqslant 6—8$ и $d_п/d \leqslant 6—8$ толщину подготовки следует принимать минимальной без расчета.

При $d_п/d > 8$ толщину слоя подготовки $\delta_п$ (или наброски $\delta_н$) следует определять из неравенства [55]

$$0{,}8 d_н n_н \geqslant \frac{1{,}1}{\sqrt{n_н + n_п}} \frac{m}{\sqrt{1+m^2}} \frac{v\sqrt{d_н}}{\sqrt{g}} \left(\frac{v}{v_{0(от)}} - 1\right)^{3/4} - \delta_п \sqrt{\frac{d_н}{d_п}}, \qquad (12.6)$$

где $n_н$, $n_п$—число слоев наброски и подстилающего слоя (толщина одного слоя $0{,}8 d_н$ или $0{,}8 d_п$); $v_{0(от)}$—неразмывающая скорость для частиц в теле сооружения, подстилающих укрепление на откосе,

$$v_{0(от)} = 2\sqrt{gd}\left(\frac{m^2 - m_{ог}^2}{m^2}\right)^{1/4}; \qquad (12.7)$$

$m_{ог}$—коэффициент естественного заложения грунта под водой, принимаемый по табл. 10.11.

Таблица 126

Вид воздействия	Требуемая крупность однородного камня $d_к$ м	Требуемая по условиям устойчивости толщина железобетонных плит $\delta_{пл}$, м	Примечания
	должны назначаться не меньше полученных по зависимостям		
Продольные течения (при скорости v и глубине H потока)	$0{,}58\dfrac{v^4}{g^2H}\left(\dfrac{m}{\sqrt{m^2-m_0^2}}\right)$	$0{,}22k_{пл}\dfrac{v^2}{g}\dfrac{\rho}{\rho_{пл}-\rho}$	1 Условные обозначения: m_0—коэффициент естественного откоса камня в воде ($m_0=1{,}1$—$1{,}25$, где меньшие значения соответствуют угловатым камням); $\rho_{пл}$, ρ_s, ρ—плотность плиты и камня (можно принимать $\rho_{пл}=2400$—2500 кг/м³; $\rho_s=2650$ кг/м³) и воды, $k_{пл}=1$ при открытых и $k_{пл}=1{,}43$ при закрытых швах стыковки плит, $в$—размер льдин в направлении, перпендикулярном берегу при отсутствии данных $в\approx 0{,}1B_р$, $B_р$—ширина русла), B—длина ребра плиты или карты в направлении образующей откоса 2 Формула крупности камня при продольных течениях справедлива только для укрепления откосов пойменных насыпей, для насыпей (и берегов) на прижимах рек см [15], для регуляционных сооружений—гл 14
Ледовые (при толщине льда $h_л$)	$0{,}26\sqrt{bh_л}$	при $m\geqslant 1{,}5$ $(0{,}4-0{,}5)\dfrac{h_л}{\sqrt{m}}$	
Волновые (при высоте h и средней длине λ волны)	$0{,}328\dfrac{h^{2/3}\bar{\lambda}^{1/3}}{\left(\dfrac{\rho_s}{\rho}-1\right)(1+m^3)^{1/6}}\approx$ $\approx 0{,}43\dfrac{h}{(1+m^3)^{1/6}}$	$0{,}075\left(\dfrac{\bar{\lambda}}{B}\right)^{1/3}\dfrac{\rho h}{\rho_{пл}-\rho}\dfrac{\sqrt{m^2+1}}{m}$	

5. Вынос частиц тела сооружения из швов между плитами будет отсутствовать при

$$\Delta_{ш}/d<2—2,5$$

или

$$\delta_{пл}\geqslant 2\frac{m}{\sqrt{1+m^2}}\frac{v\sqrt{\Delta_{ш}}}{\sqrt{g}}\left(\frac{v}{v_{0(от)}}-1\right)^{3/4} \qquad (12.8)$$

где $\Delta_{ш}$—ширина швов.

Если указанные условия не соблюдаются, то минимальную толщину подготовки определяют подбором по неравенству

$$0,8d_{п}n_{п}\geqslant\frac{1,1}{\sqrt{1+n_{п}}}\frac{v\sqrt{d_{п}}}{\sqrt{g}}\left(\frac{v}{v_{0(от)}}-1\right)^{3/4}-0,5\,\delta_{пл}\sqrt{\frac{d_{п}}{\Delta_{ш}}} \qquad (12.9)$$

6. Для обеспечения отсутствия суффозии вместо подстилающих слоев могут применяться фильтрационные полотна из нетканых синтетических материалов (геотекстиля). По своим физико-механическим свойствам рекомендуется применять отечественные нетканные материалы типа дорнит (ТУ 21-29-81—81) Ростокинской и Антропшинской фабрик, СВТЕКС II (ТУ 1867-888—880 П 1) Ростокинской фабрики и ИГП (ТУ 6-06-28—282) Могилевского ПО «Химволокно» [94, 87].

Геотекстильные материалы могут соединяться методом сварки. Они аналогично зарубежным длительное время сохраняют водопроницаемость при размере влекомых фильтрационным потоком частиц грунта не менее 0,05 мм.

7. При устройстве рисбермы для обеспечения устойчивости укрепления на откосе и защиты сооружения от подмыва объем камня на 1 м подошвы откоса вычисляют по формуле

$$\overline{W}=Ahd_{н}\sqrt{1+m_{ог}^2}, \qquad (12.10)$$

где h—глубина размыва у подошвы сооружения при отсутствии камня, $d_{н}$—крупность камня в рисберме, которая должна быть не меньше крупности $d_{к}$, рассчитываемой для откосов при воздеиствии продольных течений, $m_{ог}$—коэффициент естественного заложения грунта у основания сооружения под водой, принимаемый согласно данным табл 10 11; А—коэффициент, учитывающий увеличение объема камня в рисберме для упора вышележащей конструкции и принимаемый в зависимости от коэффициента заложения откосов сооружений m·

m	$>2,0$	2	1,5
А	1,2	1,5	2,0

13.1. Конструкция незатопляемых пойменных насыпей

1. План, продольный профиль и поперечные профили пойменных насыпей проектируют по действующим нормам проектирования железных и автомобильных дорог на основе материалов полевого обследования топографических, геологических и гидрометеорологических условий проложения трассы мостового перехода.

Для принятия проектных решений по конструкции насыпей в полевых условиях должны быть выяснены места заторов и возможных навалов льда на насыпь. В местах пересечения стариц, проток, озер и т. п. необходимо определить наибольшее возможное внутригодовое колебание уровней воды и их перепад с верховой и низовой стороны насыпи с оценкой длительности подтопления насыпи.

Проектирование поперечных сечений пойменных насыпей сводится к определению минимальной отметки бровки земляного полотна, назначения укрепления откосов и подошвы и в редких случаях—проверка отсутствия опасной фильтрации через земляное полотно.

2. Минимальную отметку бровки земляного полотна пойменных насыпей и берм, а также бровки водоразделительных дамб (при отсутствии возможных навалов льда) определяют по формуле [15]:

$$H_{\min} = \text{РУВВ} + \Delta h_{\max} + \Delta h_{\text{наб}} + \Delta h_{\text{зат}} + \Delta h_{set} + h_{run} + \Delta, \quad (13.1)$$

где РУВВ—расчетный для автодорожных и наибольший для железнодорожных мостовых переходов уровень высокой воды заданной вероятности превышения; $\Delta h_{\max}$—максимальный подпор воды перед мостом, который увеличивается по мере удаления от главного русла; при пересечении широких речных долин и косорасположенных подходов, когда значителен перепад уровней в верхнем бьефе насыпи, вместо $\Delta h_{\max}$ можно принимать $\Delta h_{\text{н}}$—подпор воды, переменный вдоль насыпи (см. п. 10 б); $\Delta h_{\text{наб}} = \frac{v^2}{g}\sin\alpha^2$—величина набега воды на откос насыпи, учитываемая на поймах горных и полугорных рек со значительными скоростями течения; v—средняя бытовая скорость у подошвы подтопляемой насыпи, расположенной вдоль русла; α—угол между направлением течения и трассой дороги; $\Delta h_{\text{зат}}$ превышение заторного (зажорного) уровня над расчетным (наибольшим для железных дорог) «свободным» уровнем; Δh_{set}, h_{run}—ветровой нагон и высота наката на откос (см. гл. 12); Δ—технический запас (см. п. 5 и 6).

При определении минимальной бровки земляного полотна слагаемые приведенной формулы суммируют не формально, а выделяя из них взаимосвязанные или одновременно происходящие явления. Так, при заторных явлениях волновые не учитывают, а максимальный подпор определяют при расходах воды, соответствующих уровню ледохода; при пересечении водохранилищ определяющими могут оказаться волновые воздействия при низких уровнях (НПУ) и т. п.

3. При уровне высокого ледохода (УВЛ) выше бровок русла

и кустарниковой растительности, когда возможен навал льда на пойменные откосы насыпи, минимальная отметка бровки земляного полотна должна быть не ниже отметки верха навала льда. Возможную высоту навала льда устанавливают по аналогии с навалом его на отдельно стоящие деревья, причалы, строения и т. п. Если установить высоту навала льда при изысканиях невозможно, а расчетом затруднительно (см. гл 12), то минимальную отметку бровки земляного полотна устанавливают по формуле

$$H_{min} = УВЛ + \Delta H_0 + \Delta, \qquad (13.2)$$

где ΔH_0—высота навала льда на откос, отсчитываемая от УВЛ и принимаемая в первом приближении равной $\Delta H_0 = 3h_л$ ($h_л$—толщина льда)

К расчету принимают наибольшую H_{min}, определенную по формулам (13.1) и (13.2).

4. На участках с нарушенным бытовым режимом реки (в условиях подпора от другой реки или гидротехнического сооружения, сгонно-нагонных явлениях и пр.) минимальную отметку бровки насыпей следует определять с учетом рекомендаций гл. 8.

5. Технический запас Δ при отсутствии ледовых воздействий должен приниматься не менее 0,5 м для насыпей и водоразделительных дамб и не менее 0,25 м для берм у насыпей.

Технический запас при отсутствии ледовых и волновых воздействий желательно принимать не менее стандартной ошибки $\Delta H_{p\%}$ в уровне заданной вероятности превышения.

В этом случае порядок расчета технического запаса следующий

по формулам гл. 7 определяют стандартную ошибку в расходе $Q_{p\%}$;

определяют расход $Q'_{p\%} = Q_{p\%} + \Delta Q_{p\%}$ (с учетом ошибки $\Delta Q_{p\%}$);

по зависимости $Q = f(H)$ определяют уровни воды $УВВ'_{p\%}$ и $УВВ_{p\%}$, соответствующие расходам $Q'_{p\%}$ и $Q_{p\%}$;

определяют разность $УВВ'_{p\%} - УВВ_{p\%} = \Delta H_p$ и сравнивают ее с требуемым минимальным техническим запасом: к расчету принимают бо́льшую из этих величин.

Для рек с неустойчивым руслом, где связь расходов и уровней выражается несколькими зависимостями $Q = f(H)$, расчет выполняют по зависимости, дающей бо́льшее значение $\Delta H_{p\%}$.

6. В СНиП 2 05.03—84 технический запас для назначения бровки откосных сооружений не дифференцируется по виду гидрологических воздействий. Но с учетом недостаточно высокой точности прогнозирования ледовых воздействий рекомендуется при заторах, зажорах, наледях и навалах льда на откосы принимать $\Delta = 1{,}5h_л$.

7. Конструкции подтопляемых насыпей и тип укрепления откосов могут различаться по длине пойменной насыпи в связи с учетом речных воздействий при постоянном или периодическом подтоплении земляного полотна.

К таким воздействиям относятся: изменение высоты ветровой

волны с набегом по длине поймы, изменение скорости вдоль насыпи при косых пересечениях, также при пересечении проток, стариц и рукавов, волнение искусственно ограниченной акватории на пойме, внутригодовое колебание подтопления, длительность подтопления при разных уровнях воды, ледовые образования

Для подтопляемых насыпей коэффициент заложения откосов должен приниматься не менее двух Для обеспечения устойчивости откосов и улучшения условий их ремонта в процессе эксплуатации на пойменных насыпях устраивают бермы шириной не менее 4 м Отметку берм назначают с учетом гидрологических условий водотока Заливаемая берма гасит высоту наката на откос насыпи.

8 При соответствующем технико-экономическом обосновании подтопляемые насыпи, особенно в зоне постоянного подтопления, можно устраивать с пологими откосами, устойчивыми к волновому воздействию Их крутизну, в первом приближении, принимают по табл 13 1 Пологие откосы должны быть защищены от воздействия атмосферных осадков и ветра

Таблица 13 1

Вид грунта воспринимающий волновые воздействия	Коэффициент заложения откосов m при высоте волны, м					
	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	0 6
Песок мелкий	5	7 5	10	15	20	25
Супесь легкая	4	7	10	15	20	20
Суглинок, глина	3	5	7,5	10	15	15

9 Тип укрепления пойменных откосов зависит от скорости течения вдоль насыпи, толщины и размеров льдин и высоты ветровой волны, а также зоны (по высоте) подтопляемых откосов и назначается согласно рекомендациям гл 12

Укрепление откосов может быть или однотипным, или комбинированным как по всей длине насыпи, так и на отдельных ее участках По высоте откоса до H_{min} укрепление обычно назначают однотипным, а выше в надводной зоне принимают более облегченное укрепление для защиты откоса от атмосферных осадков

На участках со скоростями течения вдоль насыпи больше неразмывающих для верхнего слоя грунтов на пойме (без учета одерновки), а также участках, к которым может подойти русло в результате естественного руслового процесса, необходимо защищать от подмыва подошву откосов насыпи Обычно устраивают каменную рисберму (см гл 12)

10 При больших перепадах уровней ΔH между верхним и нижним бьефами подходной насыпи и длительном подтоплении возможно вымывание грунта из тела насыпи (опасная фильтрация) Детальный расчет фильтрации потока через тело насыпи необходимо проводить на границе участков широкой поймы при коэффициенте стеснения потока более 1,5 и косом пересечении пойменного подхода, а также в особых случаях, когда нарушаются

естественные условия опорожнения пойменных массивов (см. п. 15.2).

Достаточное условие безопасной фильтрации (фильтрация отсутствует) удовлетворяется при неравенстве

$$\Delta H < \frac{I_{кр} B_н}{1 + m I_{кр}},$$

где $B_н$—ширина насыпи на отметке, совпадающей с уровнем воды в нижнем бьефе, $I_{кр}$—уклон начала вымывания грунта в теле насыпи, принимаемый по табл 13 2

При несоблюдении неравенства фильтрация будет опасной, при условии

$$\Delta t > \frac{(B_н - m\Delta H)^2}{k_ф \cdot \Delta H},$$

где Δt—время, при котором напор ΔH будет больше допустимого $\Delta H_0 = I_{кр} B_н / (1 + m I_{кр})$ по условиям фильтрации, $k_ф$—коэффициент фильтрации, определяемый по табл 13 2

Таблица 13 2

Грунт сооружения	$I_{кр}$	$k_ф$, м/сут	Грунт сооружения	$I_{кр}$	$k_ф$, м/сут
Галька, гравий	0,2	100 и более	Супесь	0,133	0,3—1
Песок			Суглинок	0,20	0,1—0,3
крупный	0,143	80—100	Глина	0,222	0,004—0 02
средний	0,117	8—80			
мелкий	0,10	2—8			

13.2. Затопляемые пойменные насыпи автомобильных дорог

1. Мостовые переходы с затопляемыми подходами проектируются на автомобильных дорогах местного значения в случаях, когда допустим перерыв движения, на подъездах к затопляемым объектам или населенным пунктам, на временных дорогах. Наиболее целесообразно проектировать затопляемые подходы при пересечении большого водотока с очень широкими (шириной несколько километров) поймами, затопляемыми ежегодно и на значительную глубину (отметка верха затопляемых подходов должна быть выше уровня ледохода).

Главным достоинством устройства затопляемых пойменных насыпей является относительно дешевая строительная стоимость, недостаток—перерыв в движении.

Затопляемые переходы через водотоки минимально нарушают экологическое равновесие, способствуют сохранению природных ландшафтов, биоценозов, лесов, сельскохозяйственных угодий, зон отдыха и поэтому удовлетворяют требованиям к охране окружающей среды.

Нормами допускается затопление дорог общего пользования (СНиП 2.05.02—85 [76]), так и внутрихозяйственных дорог сельскохозяйственных предприятий (СНиП 2.05.11—83 [78]), а также

некоторых специальных дорог, например, дорог нефтепромыслов (РД 39-3-30—77) [26]. Можно допустить затопление дорог низких технических категорий и дорог местного значения, на которых так или иначе возможен перерыв движения, вызываемый распутицей, прекращением действия ледовой переправы, наплавного моста, либо затоплением низководного моста.

2. Для экономического обоснования строительства затопляемых мостовых переходов назначают варианты незатопляемого и затопляемого переходов, причем последний может иметь подварианты по высоте насыпи и соответствующему отверстию моста.

Сопоставляют варианты между собой по суммарным за срок сравнения приведенным затратам. Вариант, имеющий минимальные приведенные затраты, считается самым выгодным. Срок сравнения вариантов рекомендуется принимать равным 20 годам. Суммируются единовременные первоначальные строительные затраты с распределенными во времени затратами на транспортные перевозки, на эксплуатацию дороги и искусственного сооружения.

3. Затопляемые подходы наиболее рационально сочетать со следующими видами искусственных сооружений: затопляемый (низководный) мост, рассчитываемый на пропуск только меженного расхода воды, а на период паводка может разбираться; наплавной мост (при наличии судоходства на реке—с разводным пролетом); паромная переправа, а в зимнее время—ледовая переправа.

Менее рациональны: предназначаемый для пропуска лишь части общего расхода воды высоководный мост (при затопляемых подходах сохраняется перерыв движения и не обеспечивается устойчивость высокой насыпи у моста) и фильтрующая насыпь (она заиливается, а при переливе воды через нее разрушается).

Вид искусственного сооружения выбирают, исходя из местных условий. Затопляемые небольшие железобетонные и даже деревянные мосты хорошо выдерживают затопление и при большой (до 2—5 м) глубине, но требуются специальные мероприятия (обтекаемая конструкция пролетного строения, прикрепление пролетов к насадкам, съемные перила) и хорошо выполненное сопряжение с берегом. Наплавной мост или паромную переправу проектируют при относительно глубоком русле или слабых грунтах, подверженных размыву, а также при наличии судоходства или сплава по реке. Эти сооружения очень дешевы и просты, к их недостаткам относятся: перерывы в движении и сравнительно большие ежегодные эксплуатационные затраты.

4. К проектированию в плане переходов через водотоки с затопляемыми подходами особых требований не предъявляется. Предпочтительно расположение дороги нормально к потоку, в редких случаях—вдоль него.

При проектировании продольного профиля перехода необходимо стремиться как можно меньше изменять бытовые условия прохождения паводка. Это обеспечивает устойчивость подходов. Наибольшее допустимое (с точки зрения неразмываемости доро-

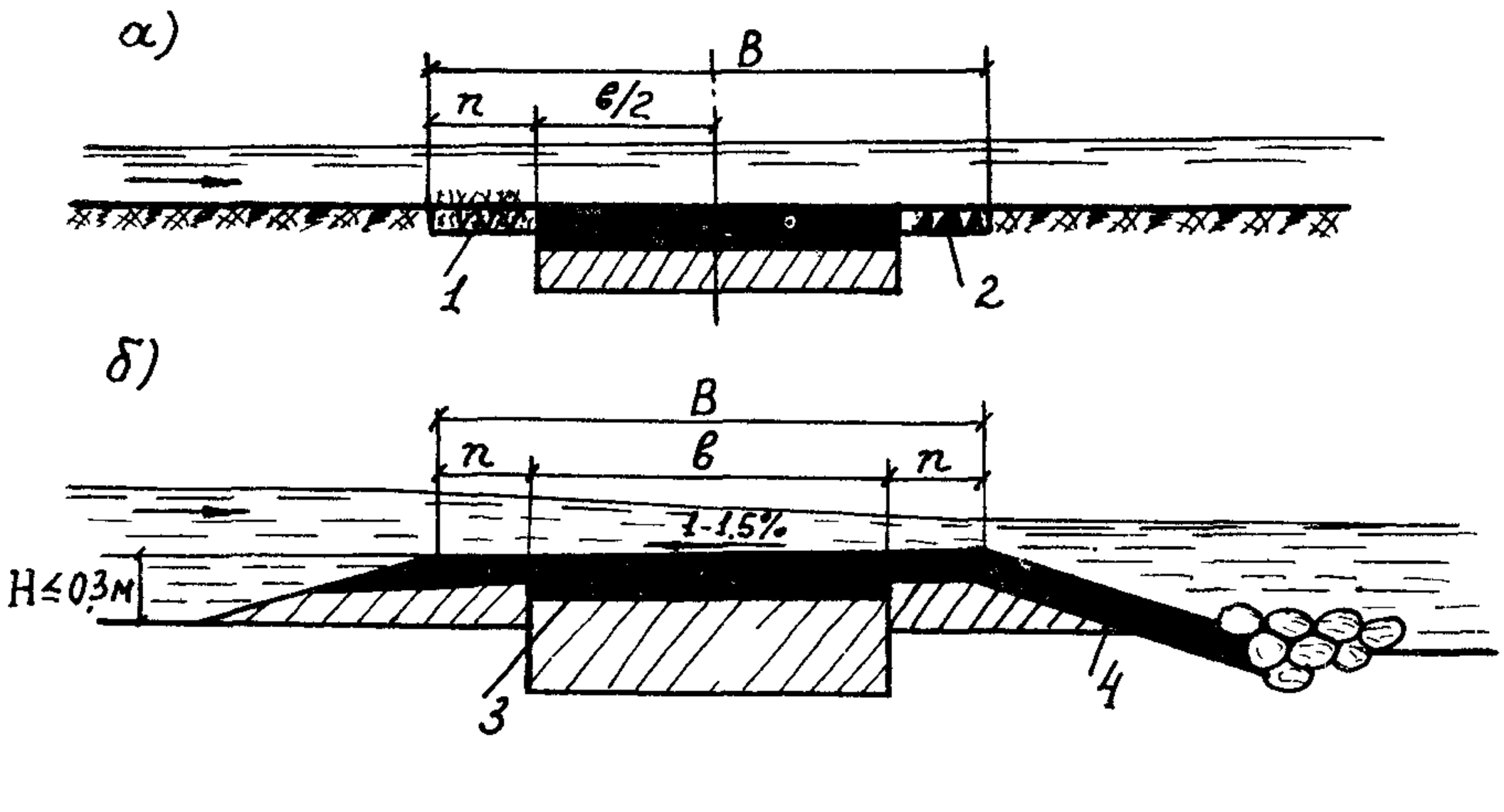


Рис. 13.1. Поперечный разрез дороги на затопляемом участке:

а—в нулевых отметках, без кюветов; *б*—в невысокой (до 0,3 м) насыпи; *1*—засев травой; *2*—укрепление обочины щебнем, гравием; *3*—асфальтобетонное покрытие на основании из грунта, обработанного вяжущим; 4—укрепление с применением органических вяжущих на грунте, обработанным вяжущим

ги) возвышение верха проезжей части над поверхностью поймы составляет 0,3 м. При бóльшей высоте насыпи следует предусматривать противофильтрационные меры и мощные укрепления, что дорого. Наиболее рационально пойменные дороги устраивать в нулевых отметках (рис. 13.1, *а*)—в этом случае дорога совершенно не стесняет потока и размывов не происходит.

При назначении отметки верха затопляемого сооружения следует избегать ее совпадения с уровнями ледохода и карчехода—в противном случае необходимо предусматривать льдоперевальное устройство.

Стремление поднять отметку верха затопляемых подходов в целях сокращения периода их затопления не всегда оправдано. Увеличение высоты затопляемой насыпи вызовет необходимость в более сложных и прочных укреплениях, так что кажущаяся экономия на сокращении продолжительности перерыва движения не будет компенсироваться дополнительными затратами на укрепление и ремонт. Если подходы затопляются ежегодно, то отпадает фактор неожиданности затопления, и хозяйства и служба движения могут подготовиться к пропуску паводка.

5. В поперечном профиле верх земляного полотна затопляемой дороги можно устраивать односкатным с уклоном 1—1,5% навстречу направлению течения воды (рис. 13.1, *б*)—это снижает скорости перелива. Заложение и конфигурацию низового откоса проектируют как для гидротехнических водосливов. Грунт земляного полотна должен быть по возможности нефильтрующим, наилучшей является смесь пылеватого грунта с песком в отношении 1 : 1.

Заложение низового откоса принимают 1:2. Большое уположение откоса не рекомендуется, так как при малом снижении скоростей перелива потребуется значительное увеличение площади укреплений.

6. Дорожную одежду на затопляемом участке, проходящем в нулевых отметках, следует укладывать в корыто (см. рис. 13.1, *а*).

В целях обеспечения неразмываемости покрытие должно содержать органическое вяжущее—наилучшим материалом покрытия является асфальтобетон. Наиболее рационально основание устраивать из грунта, обработанного вяжущим. Такая дорожная одежда является наиболее надежной и экономичной, особенно при отсутствии местных дорожно-строительных материалов. При наличии камня низовой откос может быть выполнен из каменной наброски (рис. 13.2, *а*).

7. Укреплений на затопляемых дорогах можно не устраивать в следующих случаях: если дорога проходит в нулевых отметках или если из экономических соображений идут на частичный размыв дороги, предусматривая последующий ремонт—взамен устройства сложных дорогостоящих укреплений по всему фронту перелива.

На участках невысоких (до 0,5 м) затопляемых насыпей необходимо укреплять низовые обочину и откос, причем укрепления должны служить продолжением дорожной одежды. Предпочтительны водонепроницаемые и гибкие укрепления (асфальтобетон—рис. 13.1, *б*), грунт, обработанный органическим вяжущим. Хорошо сопротивляются размыву укрепления с применением плетней, хвороста, камня (хворостяные плетни—рис. 13.2, *б* или ряжи, заполненные камнем,—рис. 13.2, *в*, каменная отсыпка—рис. 13.2, *а*, габионы, фашины, карабуры—рис. 13.2, *г*).

Затопляемые насыпи высотой более 0,4—0,5 м во избежание размывов требуют более мощных укреплений.

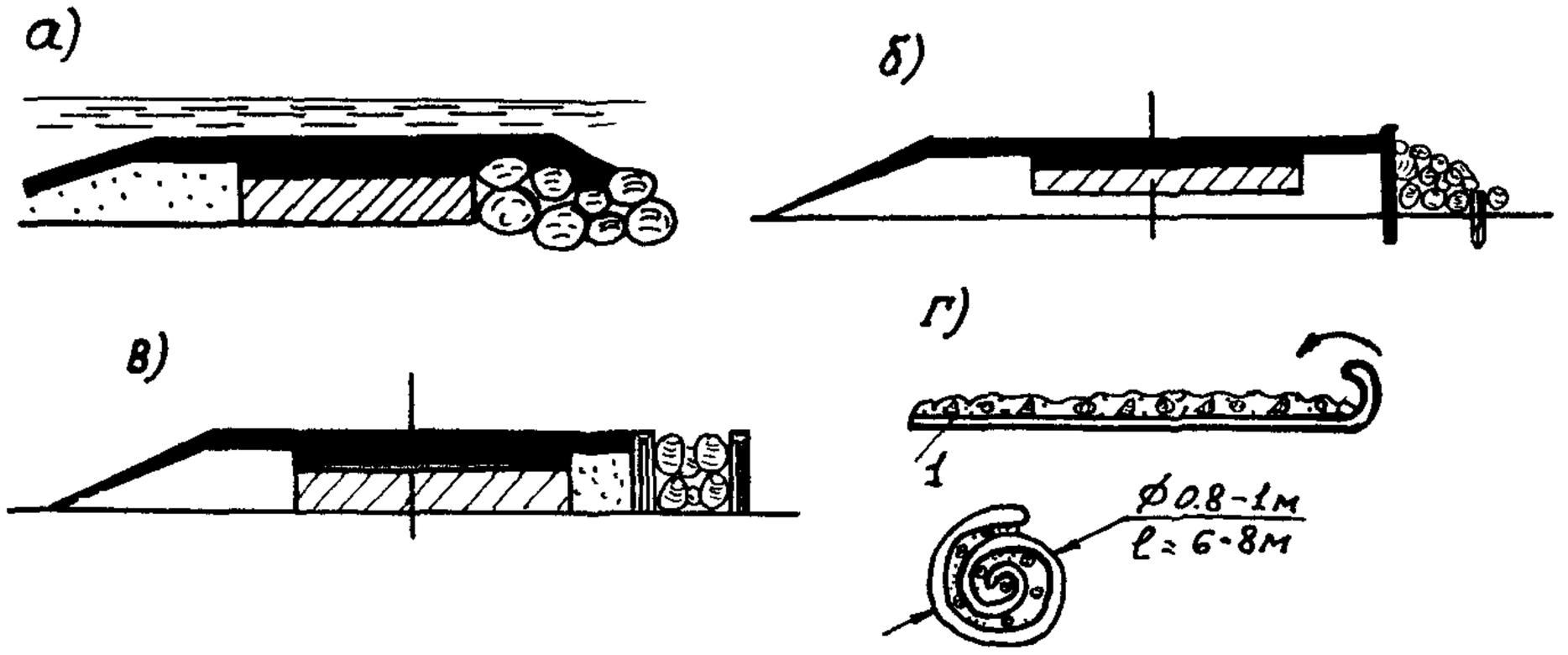


Рис. 13.2. Укрепление низового откоса при высоте насыпи до 0,5 м:
а—низовой откос из каменной наброски; *б*—плетни с заполнением камнем и грунтом; *в*—ряжи, заполненные камнем, *г*—карабуры; *1*—камень, грунт, дерн, хворост, солома

Помимо укрепления земляного полотна, для защиты дороги от размывов, воздействия слабого ледохода, от снегозаносов на затопляемом участке должны предусматриваться дополнительные меры (табл. 13.3 и рис. 13.3).

Таблица 13 3

№ пп	Конструктивные мероприятия по защите земляных дорог	Назначение
1	Продольный вал с верховой стороны из отходов карьерного грунта, временный вал, тающий впоследствии с укладкой соломы, хвороста между двумя валиками снега с заливкой водой (см рис 13.3, *а*)	Задерживает начало затопления и льдины, карчи, зимой защищает от снегозаносов
2	Продольный вал с низовой стороны из мешков, кулей с грунтом; засыпка грунта, дерна, камня за деревянной стенкой или между двумя рядами стенок или плетней (см. рис. 13 3, *б* и *в*)	Снижает скорость течения при переливе и тем уменьшает вероятность размывов в нижнем бьефе
3	Посадки влаголюбивых пород трав (камыш, чекан), кустарника, деревьев (см. рис. 13.3, *г*)	С помощью корневой системы укрепляют поверхность откоса, гасят волну, снижают скорости течения, задерживают плывущие предметы, защищают от снегозаносов
4	Ледозащитная стенка на верховом откосе и склиз над низовым откосом (см. рис. 13 3, *д*).	При несильном ледоходе задерживает льдины, которые затем тают в верхнем бьефе
5	Столбики вдоль укрепленного лотка-брода (см рис 13 3, *е*)	Служат для указания направления движения и глубины затопления

8. В задачу гидравлического расчета при проектировании затопляемой насыпи входит нахождение глубин и скоростей потока в характерных точках поперечного сечения насыпи при известном удельном расходе перелива и известных уровнях воды в верхнем и нижнем бьефах. В зависимости от положения уровня воды в нижнем бьефе по отношению к высоте насыпи различают три режима течения потока: свободное течение, подтопление и затопление потока.

9. При свободном течении воды наибольшая скорость потока наблюдается у подошвы низового откоса. По оси дороги, имеющей двускатный поперечный профиль проезжей части, глубина и скорость потока равны критическим значениям:

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\alpha q^2/g} \qquad \text{и} \qquad v_{кр} = \sqrt[3]{qg/\alpha},$$

где q—удельный расход перелива; α—коэффициент кинетической энергии ($\alpha = 1{,}1$).

Глубина воды на низовой бровке составляет $0{,}73h_{кр}$, а скорость течения соответственно равна $1{,}37\,v_{кр}$.

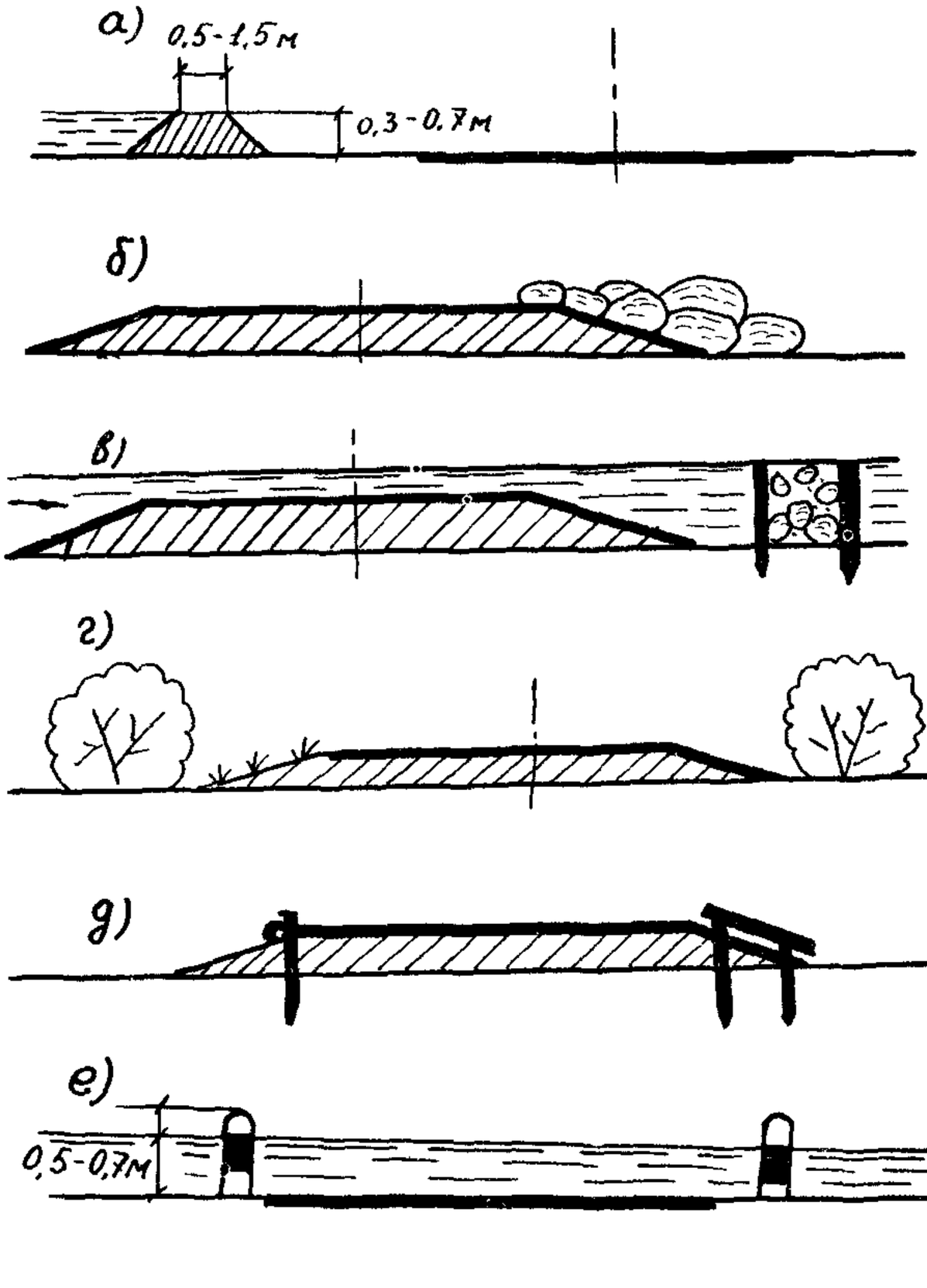


Рис. 13.3. Вспомогательные меры по обеспечению устойчивости затопленной дороги:
а—е—вспомогательные конструкции (см. табл. 13 3)

10. Если поток подтоплен, то степень подтопления откоса $H_{нас}/H_{отк}$ может быть найдена по графику рис. 13.4.

Затопленным считается поток, в котором уровень воды в нижнем бьефе превышает отметку оси насыпи на величину $z=1{,}44\,h_{кр}$ (см. рис. 13.4, *б*).

Затопление потока означает, что уровень воды в нижнем бьефе влияет на условия течения воды по верху насыпи. Наибольшая скорость течения в затопляемом потоке наблюдается на оси дороги.

11. Надежность работы перехода с затопляемыми подходами во многом зависит от соблюдения правил эксплуатации. Эксплуатационные мероприятия направляются на: подготовку к пропуску паводка, организацию запасов грузов на период перерыва движения и составление схемы осуществления перевозок; пропуск паводка, организацию паромной переправы в створе затопленной дороги; после прохода паводка—ликвидацию последствий затопле-

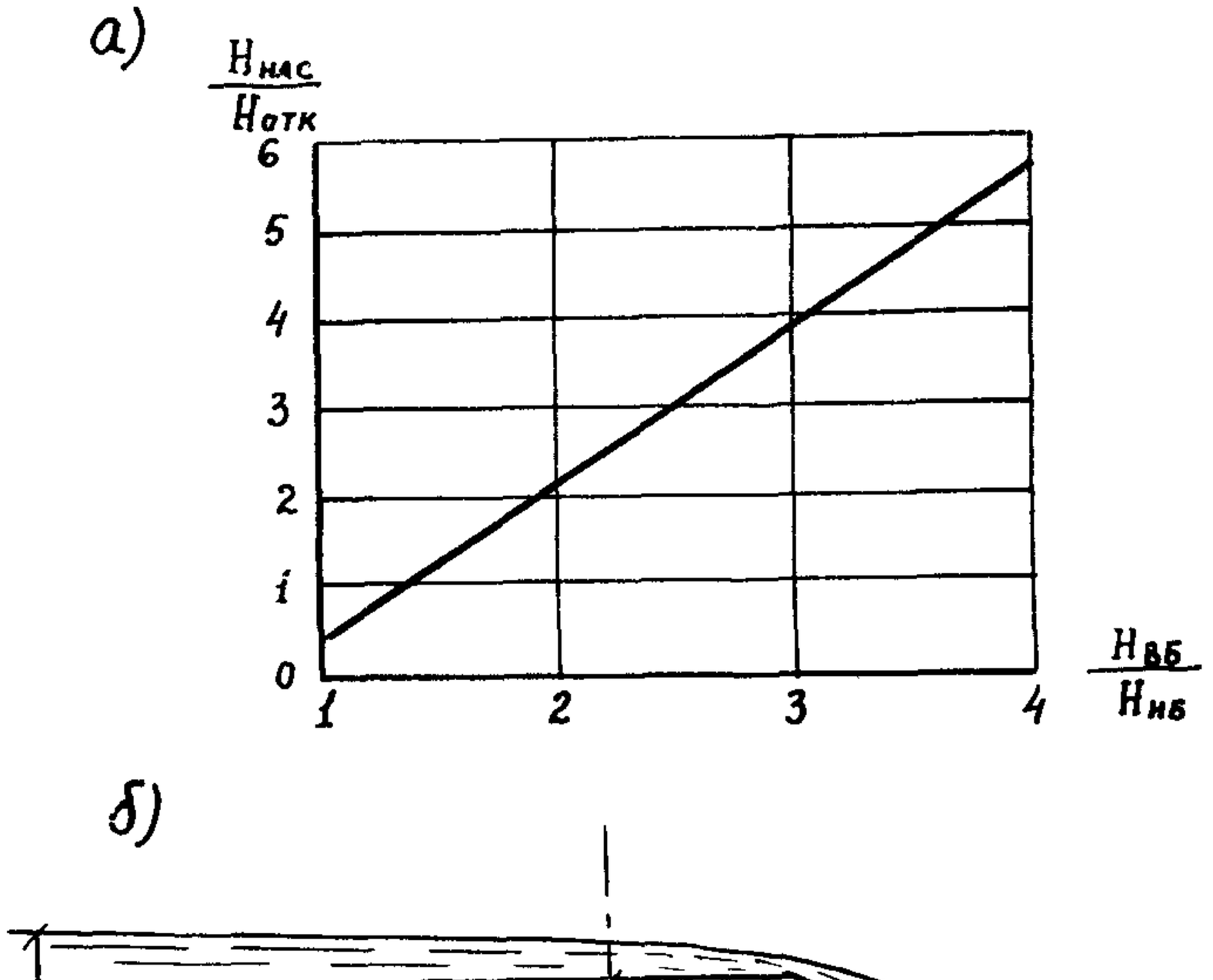


Рис. 13 4 Подтопление низового откоса в зависимости от соотношения глубин в верхнем и нижнем бьефах:
а—график связи; *б*—незатопленный поток, *в*—затопленный поток

ния, наведение наплавного моста, ограничение движения тяжелых автомобилей на период просушки дороги.

До начала паводка необходимо: устранить дефекты земляного полотна, дорожной одежды, укреплений, заготовить мешки с грунтом, камень, карабуры, фашины, установить указатели и объявления об условиях движения, разобрать наплавные и разбираемые мосты, загрузить камнем деревянные мосты (во избежание их сноса течением).

Во время паводка налаживается перевозка пассажиров и грузов по воде, организуются дежурства для обеспечения движения вброд и наблюдения за уровнями воды и скоростями течения. При необходимости ликвидируют разрушения с помощью фашин, ка-

рабуров, мешков с грунтом, засыпают камень или песчано-гравийную смесь в текущую воду.

13.3. Учет гидрологических условий при проектировании вторых путей и реконструкции железных дорог

1. Гидрологические условия при проектировании пойменных насыпей железнодорожных мостовых переходов на вторых путях, а также при реконструкции железных дорог определяют согласно указаниям гл. 12.

На основании гидрологических и ситуационных условий выбирают положение мостового перехода на втором пути относительно существующего (сторонность).

2. Обследование мостовых переходов первого пути проводят согласно указаниям гл. 4. При этом учитывают:

а) геологическое строение и конфигурацию русла на участке перехода, состояние подмостового русла, характер и размеры деформаций его за период эксплуатации перехода и прогноз деформаций с учетом типа руслового процесса, глубину заделки фундаментов речных опор после русловых деформаций и соответствие требованиям норм;

б) протяженность и состояние существующих пойменных насыпей, сведения о характере и размере их повреждений, вызванных перемещением русла, пойменными потоками и волнобоем за период эксплуатации перехода;

в) соответствие плана, профиля и поперечных сечений подходов нормам и уточненным гидрографическим характеристикам перехода;

г) очертание, размеры и состояние регуляционных сооружений и укреплений, их соответствие гидрологическим характеристикам перехода и нормам;

д) минимальное междупутье между существующими и проектируемыми мостами по условиям производства работ и другие требования к расстоянию между мостами первого и второго пути.

3. При рассмотрении требований при выборе сторонности перехода второго пути (табл. 13.4) следует рассматривать весь комплекс условий с учетом указаний гл. 10 и 11. Решение принимают на основе сравнения вариантов; в сложных случаях прибегают к моделированию.

При выявлении дефектов, затрудняющих эксплуатацию, или при повышении технической категории транспортного объекта, частью которого является переход, может возникнуть необходимость реконструкции существующих подходных насыпей, что является крайней мерой, требующей всестороннего обоснования.

Обычно реконструкция сводится к повышению отметки земляного полотна с присыпкой или досыпкой берм; в исключительных случаях проектируют частичное или полное изменение трассы подходов.

При реконструкции стремятся к максимальному использованию существующего земляного полотна и укреплений.

Таблица 13.4

Характеристика существующего мостового перехода	Желательное положение второго пути относительно первого
Интенсивные русловые деформации, большой общий размыв в нижнем бьефе	С верховой стороны
Незатухающий размыв русла. Недостаточная по условиям устойчивости опор заделка фундаментов	С верховой стороны
Значительная протяженность пойменных подходных насыпей, имеющих капитальную, надежно работающую защиту верхового откоса	С низовой стороны
Недостаточное возвышение бровки подходной насыпи над УВВ по условиям подпора и высоте волны в условиях волнобоя преимущественно с верховой стороны	С верховой стороны
Сложные условия, при которых происходит свал пойменного потока в отверстие, сложная система регуляции (струенаправляющие дамбы, траверсы, водоразделительные дамбы)	С низовой стороны
Опасное приближение активной излучины к подошве насыпи с верховой или низовой стороны	С противоположной стороны
Косое пересечение поймы при положении трассы перехода вниз по течению	С верховой стороны с ликвидацией или уменьшением косины пересечения
Косое пересечение поймы при положении трассы вверх по течению и мощном пойменном потоке вдоль насыпи	С низовой стороны или с верховой при уменьшении косины

4. Мероприятия по реконструкции подходных пойменных насыпей назначают с учетом работы регуляционных сооружений и отверстия мостового перехода в соответствии с рекомендациями гл. 10 и 14, а также с учетом табл. 13.4.

Глава 14. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕГУЛЯЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ И РЕКОНСТРУКЦИЯ МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

14.1. Срезка грунта в подмостовых сечениях

1. Срезку грунта на пойменных частях отверстия устраивают для создания условий равномерного размыва подмостового сечения, что позволяет уменьшить наибольшие глубины размыва под мостом и снизить предмостовой подпор воды в верхнем бьефе мостового перехода.

Следует учитывать, что требования СНиП 2.05.03—84 относятся к расчетной срезке, т. е. срезке грунта в пойменной части отверстия, которая не будет заноситься в период эксплуатации перехода и на ней не образуется дерновый покров. Поэтому расчетная срезка является частью расчетного живого сечения под мостом до размыва.

2. Расчетную срезку грунта пойменной части отверстия моста допускается предусматривать только для равнинных рек. Размеры и конфигурацию срезки следует определять расчетом, исходя из условия ее незаносимости в зависимости от степени стеснения потока мостовым переходом при расчетном уровне высокой воды.

3. Срезку под мостом устраивают за счет удаления связных грунтов пойменного наилка на 0,25—0,5 м выше уровня средней межени. Устройство расчетной срезки за счет русловых элементов (осередков, побочней, отмелей) не допускается (но они могут быть использованы для разработки грунта в качестве карьеров с обязательной оценкой влияния последних на речные сооружения и мостовой переход, на условия судоходства, экологическую обстановку и т. п.)

Срезку можно устраивать односторонней и двусторонней.

На меандрирующих реках расчетную срезку устраивают как на выпуклых, так и вогнутых берегах.

4. Срезка грунта пойменной части отверстия не будет заноситься, если ее устраивают на ширине уширенного русла $B_{уш}$, которая может быть определена по ряду приближенных способов.

Согласно [32]

$$B_{уш} = B_р \left[1 + \frac{\omega_{рб}}{\omega_{мб}} \left(\frac{Q}{Q_{рб}} - 1 \right) \right]^{0,43}, \qquad (14.1)$$

где $B_р$—ширина русла в естественных условиях; $\omega_{рб}$, $\omega_{мб}$—площади живого сечения до размыва соответственно русла и под мостом (без срезки); $Q_{рб}$—расчетный расход воды, проходящей в русле в бытовых условиях.

Для того, чтобы срезка всех пойменных частей отверстия не заносилась, отверстие моста $L_м$ должно быть не больше $B_{уш}$. Это условие соблюдается [5] при

$$L_м \approx B_{уш} = B_р \sqrt{Q/Q_{рб}}. \qquad (14.2)$$

5. В плане срезку грунта в пойменной части отверстия назначают эллиптического очертания с плавным сопряжением ее с неуширенным руслом в верхнем и нижнем бьефах для обеспечения пропуска воды и наносов под мостом.

Общую длину срезки принимают равной 4—6 ее ширины (рис. 14.1). Следует избегать устройства срезки с наибольшей шириной в створе голов регуляционных сооружений.

Крутизну откосов срезки при сопряжении с естественной поверхностью принимают 1:5—1:10 с верховой и 1:10—1:20 с низовой стороны; у струенаправляющих дамб (в направлении вдоль потока) устраивают более крутые откосы. Более крутые откосы (до 1:3) допустимы в легко размываемых грунтах.

6. Продольный уклон срезки принимают равным уклону главного русла под мостом. При малых уклонах водотока (до 0,0001—0,0002) срезку допускается проектировать горизонтально. Поперечный уклон в сторону русла придают срезке лишь при значительной разности отметок между бровкой русла и уровнем межени.

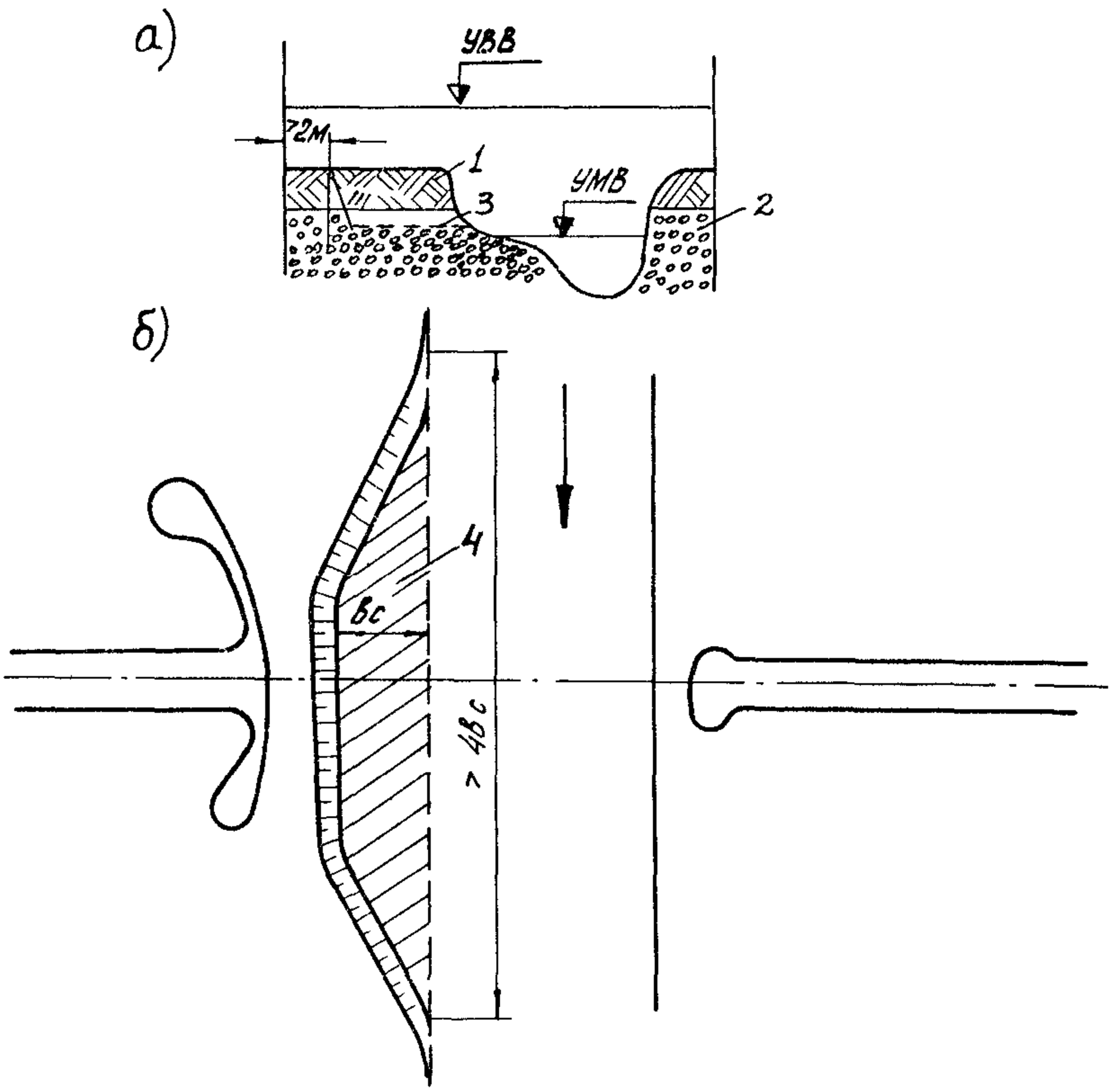


Рис. 14.1. Срезка грунта в подмостовом русле:
а—поперечное сечение русла; *б*—план; *1*—пойменный наилок; *2*—аллювий; *3*, *4*—срезка грунта в профиле и плане

7. За пределами расчетной срезки необходимо устраивать расчистку подмостового сечения от растительности.

Если уровень средней межени мало отличается от отметки поймы под мостом, то срезку заменяют расчисткой, которую продолжают вверх и вниз от оси моста на то же расстояние, что и срезку.

14.2. Расчет струенаправляющих дамб

1. На мостовых переходах регулирование пойменного потока осуществляется сплошными незатопляемыми криволинейными в плане струенаправляющими дамбами, которые состоят из верховой и низовой частей (или верховой и низовой дамб), плавно сопрягающихся в створе перехода.

Струенаправляющие дамбы следует предусматривать согласно СНиП 2.05.03—84 при пойменном расходе не менее 15% расчетного или при средней скорости потока под мостом до размыва свыше 1 м/с, за исключением случаев, когда необходимость в них вызывается ситуационными особенностями перехода (прижимные течения в сторону слабоработающей поймы, перекрытие проток и т. п.).

Струенаправляющие верховые дамбы устраивают для уменьшения неравномерности деформаций подмостового русла, создания условий для судоходства и сплава, а также уменьшения возможного сосредоточенного размыва у вогнутого берега. Указанные цели достигаются плавным подведением пойменных вод к мостовому отверстию, устранением недопустимой косины.

Низовые дамбы сооружают с целью плавного вывода пойменного потока из отверстия.

2. Плановые размеры дамб рассчитывают на наибольшие значения гидравлических характеристик стесненного потока при расчетном расходе и возможном наиневыгоднейшем положении русла и наносных скоплений под мостом, которые определяют с учетом руслового процесса в районе перехода (см. гл. 9).

Расчетные значения требуемых гидравлических характеристик стесненного потока—предмостового подпора, скоростей и глубин потока в русле—определяют в процессе расчета общего размыва на пике расчетного паводка, проходящего в первый год эксплуатации моста.

Если расчет общего размыва производят без учета фактора времени, то гидравлические характеристики потока определяют для условий осуществления $\alpha_p = 50\%$ полного размыва при продолжительных паводках и не менее $\alpha_p = 25\%$—при непродолжительных. В качестве непродолжительных можно принимать дождевые паводки, а продолжительных—снеговые.

3. Плавное обтекание верховых струенаправляющих дамб достигается при эллиптическом их очертании. Координатную ось ориентируют так, чтобы большая полуось эллипса была расположена вдоль речного потока при расчетном расходе.

Форма и размеры эллиптической струенаправляющей дамбы определяются большой и малой полуосями эллипса, которые при-

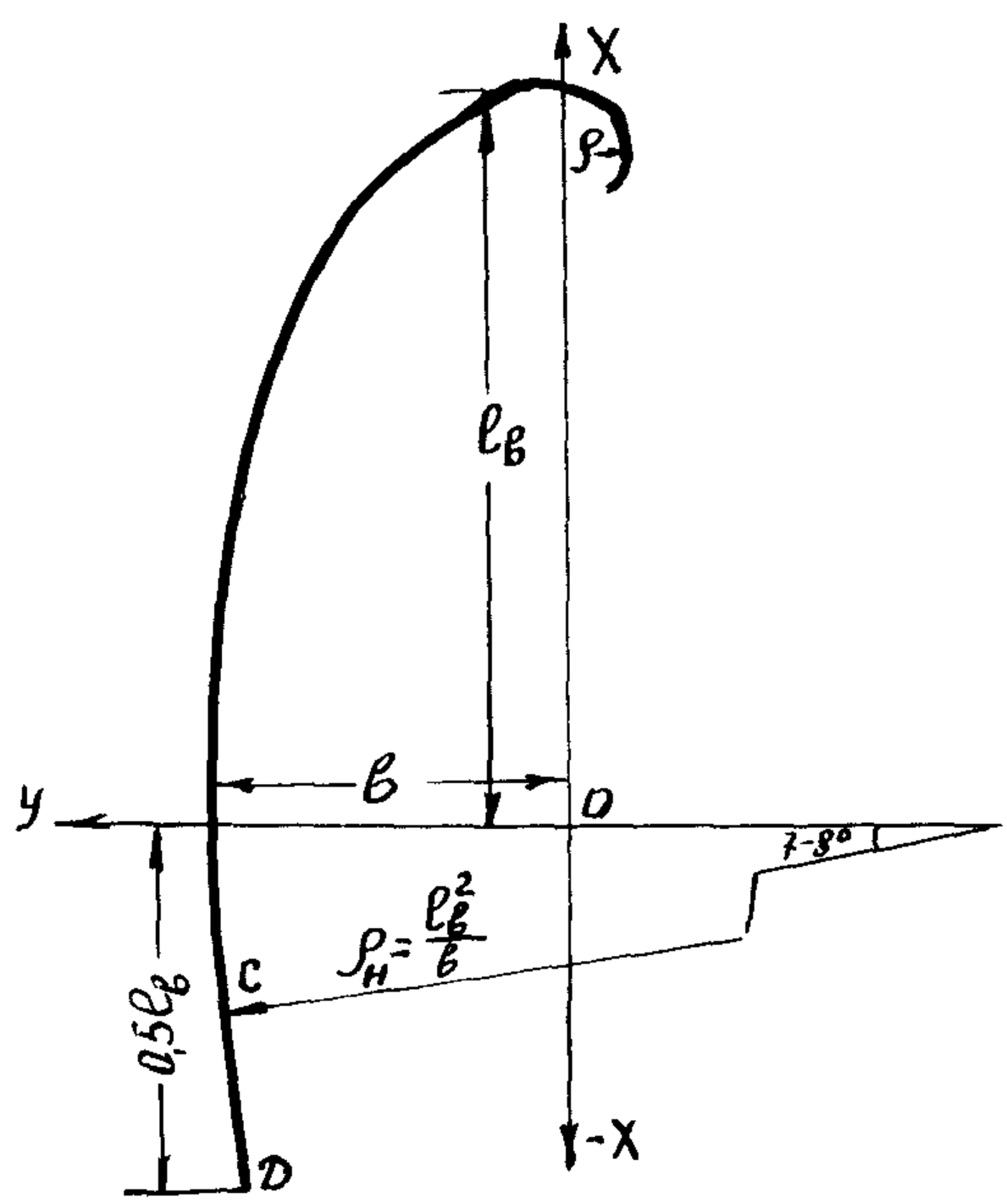


Рис. 14.2 Форма и размеры в осях верховой и низовой струенаправляющих дамб

нято называть соответственно длиной вылета $l_в$ (или вылетом) и шириной разворота $в$ (или разворотом) дамб (рис. 14.2).

4. Длину вылета и ширину разворота верховой струенаправляющей дамбы, принимаемые по внешней бровке (со стороны русла) верха дамбы, вычисляют по формулам [55]*.

$$l_в = \lambda^2 \rho_{min}; \qquad (14.3)$$

$$в = \lambda \rho_{min}; \qquad (14.4)$$

где $\lambda = l_в/в$—отношение полуосей, определяемое согласно п. 10; ρ_{min}—радиус кривизны токов в голове дамбы, определяемый в зависимости от гидрологических условий (см. п. 12).

Если в результате расчета получится $l_в \geqslant L_м$, где $L_м$—отверстие моста, то принимают $l_в = L_м$ и $в = L_м/\lambda$.

Если по расчету получено, что длина вылета близка половине ширины насыпи на отметке УВВ, то вместо струенаправляющей дамбы устраивают только конус (т. е. $l_в = в$).

Для прикидочных расчетов ширину разворота дамбы можно определять по предложению А. М. Латышенкова:

$$в = A\delta B_р, \qquad (14.5)$$

где коэффициент А принимают в зависимости от коэффициента стеснения потока насыпью на i-ой (левой и правой) поймах $\delta_i = Q_{пi}/Q$ ($Q_{пi}$—расход воды, проходивший в бытовом состоянии на части i-ой поймы, пересыпанной насыпью):

δ_i	$<0{,}3$	0,3—0,4	$>0{,}4$
А	1,11	1,08	1,06

5. При определении координат внешней бровки (со стороны русла) верховых струенаправляющих дамб задают значение координаты x и находят координату y по формуле

$$y = в\sqrt{1 - x^2/l_в^2}. \qquad (14.6)$$

Для быстрого определения безразмерной координаты $y/в$ рекомендуется пользоваться графиком (рис. 14.3).

* Программа для ЭВМ серии ЕС расчета размеров струенаправляющих дамб по излагаемому методу имеется в фонде программ ЦНИИСа.

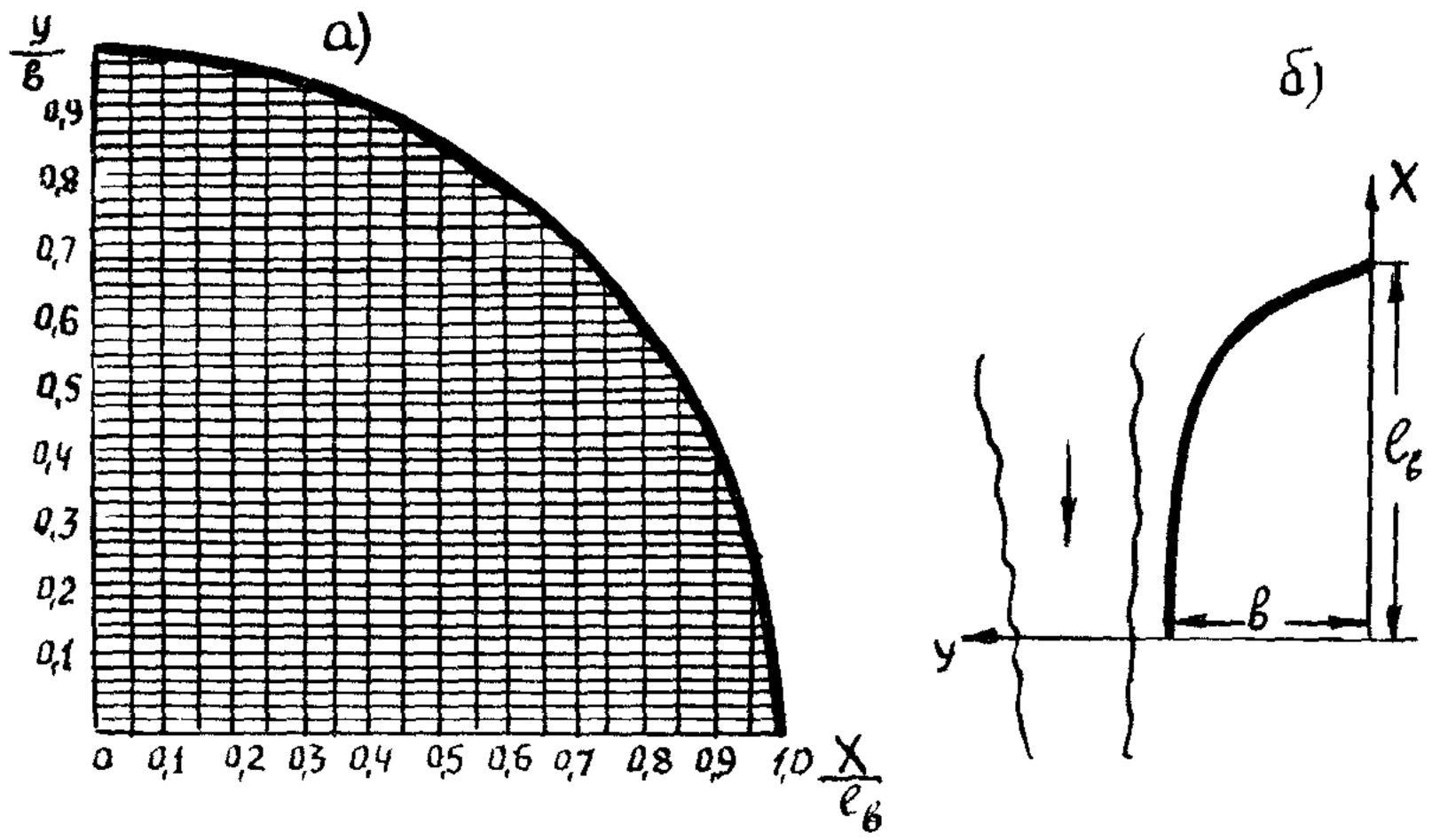


Рис. 14.3. Определение координат верховых струенаправляющих дамб:

а—график $\frac{y}{в}=f\left(\frac{x}{l_в}\right)$; *б*—ориентирование осей дамбы

К головной части верховой дамбы прибавляют криволинейную приставку с радиусом $\rho=0{,}2в$ и углом разворота $\Theta=90—120°$ (см. рис. 14.2).

6. Низовые струенаправляющие дамбы проектируют в зависимости от размеров верховых дамб. Проекцию низовой дамбы на ось x принимают $l_н=0{,}5l_в$.

Низовую дамбу очерчивают по круговой кривой радиусом $\rho_н=l_з^2/в$ при угле разворота 7—8°, а затем по прямой, касательной к круговой кривой (см. рис. 14.2). Безразмерные координаты точки C сопряжения касательной к кривой могут быть приняты равными $x/l_в=—(0{,}12+0{,}14)\lambda$ и $y/в=1—0{,}01\lambda^2$, а точки D конца низовой дамбы— $\frac{x}{l_в}=—0{,}5$ и $y/в=1—0{,}065\lambda+0{,}007\lambda^2$.

7. В зависимости от ситуационных условий на мостовом переходе (наличия проток, расположения головы дамбы на относительно высоких отметках и т. п.) размеры дамбы можно корректировать только в сторону увеличения размеров по сравнению с расчетными.

При необходимости увеличения размеров дамб в сторону от створа перехода, т. е. вылета $l_в$, требуется устраивать прямую вставку, сопрягающую расчетную длину вылета с низовой дамбой (рис 14.4).

Увеличение размеров дамбы только за счет удлинения вылета $l_в$ без прямой вставки не рекомендуется, так как это нарушит плавность обтекания дамбы. Увеличение размеров дамбы в сторону от русла должно достигаться увеличением ее разворота $в$, при

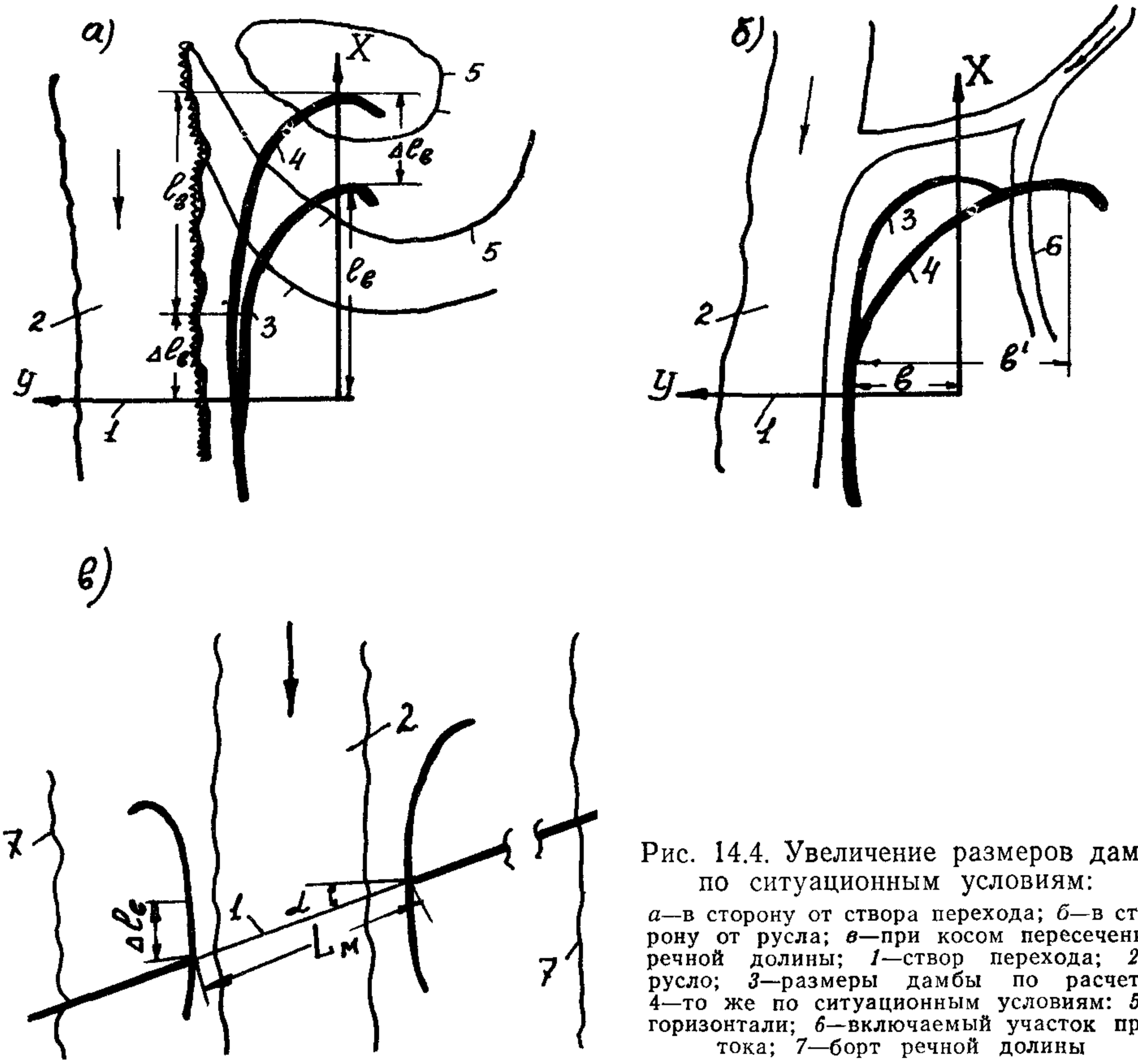


Рис. 14.4. Увеличение размеров дамб по ситуационным условиям:

а—в сторону от створа перехода; *б*—в сторону от русла; *в*—при косом пересечении речной долины; *1*—створ перехода; *2*—русло; *3*—размеры дамбы по расчету; 4—то же по ситуационным условиям: *5*—горизонтали; *6*—включаемый участок протока; *7*—борт речной долины

этом отношение полуосей дамбы $\lambda = \frac{l_в}{b}$ уменьшают по сравнению с расчетным значением (см. рис. 14.4).

8. В сложных случаях пересечения водотоков (при интенсивных русловых процессах, групповых отверстиях на переходе и т. д.) размеры и место положения дамб рекомендуется уточнять по результатам физического моделирования.

Обычно моделирование этих сооружений экономически оправдано при длине вылета одной из дамб свыше 200 м.

9. Струенаправляющие дамбы возводят из грунтов близлежащих карьеров с откосами обычно не круче 1:2. Ширина этих земляных сооружений поверху определяется с учетом организации строительных работ, но должна быть не менее 3 м. Независимо от продольного уклона водотока верх дамб на всем протяжении проектируют горизонтальной площадкой.

Отметку верха дамбы определяют по формулам (13.1) и (13.2). При этом в формуле (13.1) принимают технический запас равным $\Delta = 0{,}25$ м. Для верховых дамб максимальный подпор воды Δh_{max}

принимают при ширине соответствующей поймы $B_п \leqslant 1{,}5в$, а при $B_п > 1{,}5в$—подмостовой подпор $\Delta h_в$ Для низовых дамб $\Delta h_{max} = 0$.

При расчете верха дамб следует учитывать, что высота наката волны h_{run} на откосы дамбы со стороны русла может значительно отличаться от наката на откосы пойменного подхода из-за параметров волн, определяемых для разных длин разгона и особенно расчетных глубин воды

10 Отношение полуосей дамбы $\lambda = l_в/в$ определяют по формуле

$$\lambda = \sqrt{2 \ln v_{дм}/v_г + 1} \qquad (14\ 7)$$

или по графику (рис 14 5)

Для прикидочных расчетов можно принимать в зависимости от коэффициента стеснения потока δ_t (по Латышенкову):

δ	0,15	0,16—0,25	0,26—0 35	>0,35
λ	1,5	1,67	1,83	2,0

В формуле (14 7) $v_г$—скорость потока в голове дамбы (см п. 11), $v_{дм}$—расчетная скорость потока у подошвы струенаправляющей дамбы в створе моста, которую определяют по

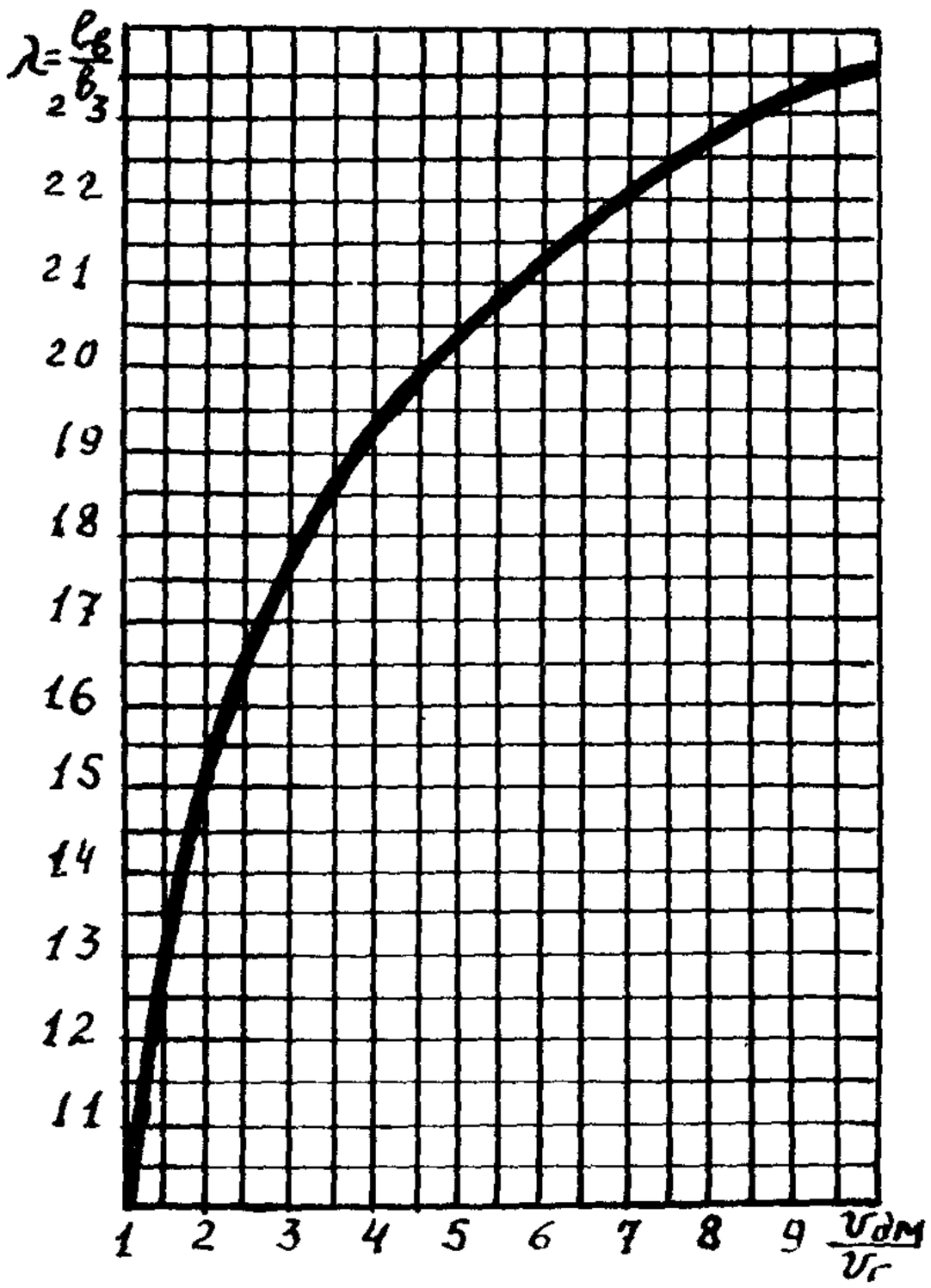


Рис 14 5 График для определения полуосей дамбы $\lambda = f\left(\frac{v_{дм}}{v_г}\right)$

рекомендациям гл 10 для вертикали с соответствующей расчетной глубиной потока $h_{дм}$. Последнюю принимают в зависимости от морфологических особенностей подмостового сечения и возможных плановых и глубинных деформаций

а) В случае, когда отверстие моста не превышает ширину уширенного русла ($L_м \approx B_{уш}$), глубину потока у подошвы струенаправляющей дамбы в створе моста $h_{дм}$ принимают наибольшей в русле при побочневом типе руслового процесса и русловой многорукавности. При меандрирующих руслах всех модификаций, включая пойменную многорукавность (см. гл. 9), в качестве $h_{дм}$ принимают наибольшую глубину в русле только для дамбы со стороны вогнутого берега, а со стороны выпуклого—среднюю глубину потока в русле (с учетом общего размыва).

б) При наличии пойменной части отверстия, когда $L_м > B_{уш}$, глубину потока у подошвы струенаправляющих дамб в створе моста принимают наибольшей в русле только при криволинейных руслах для дамб со стороны вогнутого берега (если по прогнозу плановых деформаций в период эксплуатации перехода русло подойдет к одному из устоев); во всех остальных случаях в качестве $h_{дм}$ принимают глубину потока на пойменной части моста с учетом глубинных деформаций.

В рассматриваемых случаях к расчету принимают глубину потока, равную

$$h_{дм} = h_{дмб} + \alpha_р (H_l - h_{дмб}), \qquad (14\,8)$$

где $h_{дмб}$, H_l—глубины потока на вертикали у подошвы струенаправляющей дамбы в створе моста соответственно в бытовых условиях (с учетом естественного руслового процесса) и полученная согласно гл 10 после общего размыва, параметр $\alpha_р$ (см п 2) принимают в долях единицы

11 Скорость потока в голове дамбы $v_г$ определяют в зависимости от числа пойм, на которых устраивают струенаправляющие дамбы:

а) При односторонней пойме

$$v_г = C_г \sqrt{H_г \delta (i \cdot i_м)^{1/4}}, \qquad (14\,9)$$

где $C_г$—коэффициент Шези, определяемый по коэффициенту шероховатости n русла (см прил 3 3) при глубине потока $H_г$ у подошвы головы дамбы, которую в первом приближении принимают равной

$$H_г = h_б + \Delta h_в; \qquad (14.10)$$

$h_б$—глубина потока на той же вертикали в бытовых условиях, $\Delta h_в$—предмостовой подпор, i—продольный уклон водной поверхности в паводок, $i_м$—средний уклон свободной поверхности потока (см п 13) перед мостом

б) При пересечении водотока с двумя поймами скорость потока в голове дамбы со стороны мощной (пропускающей бо́льший расход воды) $v_{г(м)}$ и слабои $v_{г(с)}$ пойм соответственно равна.

$$v_{г(м)} = C_{г(м)} \sqrt{H_{г(м)} \delta_м (i \cdot i_{м(м)})^{1/4}}; \qquad (14\,11)$$

$$v_{г(с)} = v_{г(м)} (\delta_с / \delta_м)^{1/3} (i_{м(м)} / i_{м(с)})^{\beta/2}, \qquad (14.12)$$

где $C_{г(м)}$—коэффициент Шези, определяемый с учетом фиктивной глубины потока $H_{г(м)}$ у подошвы головы дамбы на мощной пойме

$$H_{г(м)} = H_г\varphi_м + h_б(1 - \varphi_м); \quad (14.13)$$

$\varphi_м$—коэффициент, характеризующий, какая часть предмостового подпора вызвана стеснением мощной поймы; для i-ой поймы

$$\varphi_i = \frac{(Q/Q_{бм})^2(\delta_i + Q_{бм}/Q)^2 - 1}{(Q/Q_{бм})^2 - 1}; \quad (14.14)$$

$i_{м(i)}$—фиктивные средние уклоны свободной поверхности потока перед мостом со стороны i-ой поймы (см. п. 13); β—показатель степени, определяемый по формуле

$$\beta = \frac{1{,}55v_{г(м)}}{\sqrt{gH_{г(м)}}}. \quad (14.15)$$

При $\frac{1{,}55v_{г(м)}}{\sqrt{gH_{г(м)}}} \leqslant 0{,}2$ следует принимать $\beta = 0{,}2$.

12. Радиус кривизны токов в голове дамбы со стороны мощной и слабой поймы определяют соответственно по формуле

$$\rho_{min(м)} = \frac{v^2_{г(м)}}{g}\ \frac{i^{\beta}_{м(м)}}{i}\ (1 - \Sigma\delta_i)^{2\beta}; \quad (14.16)$$

$$\rho_{min(с)} = \left(\frac{\delta_с}{\delta_м}\right)^{2/3} \rho_{min(м)}, \quad (14.17)$$

где $\Sigma\delta_i = \delta_м + \delta_с$—коэффициент стеснения потока подходами со стороны мощной и слабой поймы.

В формуле (14.16) при $i_{м(м)} \geqslant 0{,}0001$ и $i \leqslant 0{,}0001$ к расчету принимают $i = 0{,}0001$; при $i_{м(м} < 0{,}0001$—$i = i_{м(м)}$.

13. Средний уклон свободной поверхности потока перед мостом определяют по формулам:

при нормальном пересечении водотока с одной поймой

$$i_м = i + \Delta h_в/X_0; \quad (14.18)$$

то же с двумя поймами

$$i_{м(i)} = i + \varphi_i \Delta h_в/X_0; \quad (14.19)$$

при косом пересечении поймы, когда проекция подхода на направление течения $S_{ов} \geqslant X_0$,

$$i_м = i + \Delta h_в/S_{ов}; \quad (14.20)$$

то же, при наличии второй поймы (нормально пересекаемой подходом)

$$i_{м(i)} = i + \varphi_i \Delta h_в/S_{ов}. \quad (14.21)$$

Расстояние X_0 от моста до вертикали, где устанавливается предмостовой подпор, и величину предмостового подпора $\Delta h_в$, определяют по формулам гл. 10.

14. При косом пересечении русла оси дамб ориентируют относительно направления потока в реке в бытовых условиях. Если отклонение створа моста от вертикали к направлению потока в быту составляет $\alpha > 10°$, то при расположении устоя со стороны мощной поймы вверх по течению на струенаправляющей дамбе со стороны слабой поймы рекомендуется устраивать прямую

вставку длиной $\Delta l_в \geqslant L_м \sin\alpha$ (рис. 14.4, *в*). Если устой со стороны мощной поймы расположен вверх по течению при $\alpha > 30°$, размер дамб следует корректировать по результатам моделирования.

15. Глубину местного размыва в однородных несвязных и связных грунтах у обтекаемых потоком дамб, расположенных на пойме, определяют по формуле:

$$h = \left(2\frac{v_г}{v_0} - 1\right) H_г K_m, \qquad (14.22)$$

где K_m—коэффициент, зависящий от коэффициента заложения откоса дамб m со стороны русла, определяемый по табл. 14.1.

Таблица 14.1

m	K_m	m	K_m
0	1	2	0,77
1,0	0,94	2,5	0,70
1,5	0,80	3,0	0,67

16. Откосы струенаправляющих дамб должны быть защищены от возможных течений вдоль сооружения, а также волновых и ледовых воздействий. Наиболее распространенными видами укреплений откосов дамб являются каменная наброска и плитные укрепления. Область их применения ограничивается гидрологическими условиями, указанными в гл. 12. Там же приведены расчеты определяющих воздействий и укреплений. При этом требуемую крупность однородного камня для защиты откосов дамб от продольных течений определяют по формуле

$$d_к = \frac{v_{дм}^2}{4g} \frac{m}{\sqrt{m^2 - m_0^2}}, \qquad (14.23)$$

где m_0—коэффициент заложения естественного откоса камня под водой; для практических расчетов принимают $m_0 = 1{,}1—1{,}25$, где бóльшие значения соответствуют округлым, а меньшие—угловатым камням.

Расчет плитных укреплений производят по рекомендациям гл. 12 с учетом скорости потока $v_{дм}$.

Для обеспечения устойчивости укрепления на откосе и защиты подошвы дамбы рекомендуется устраивать рисберму. Крупность камня в рисбермах назначается, как для откосов при воздействии продольных течений.

Пример расчета плановых размеров дамб и их укреплений приведен в приложении 14.1.

14.3. Расчет поперечных регуляционных сооружений

1. Поперечные регуляционные сооружения устраивают для отжима потока от насыпи при больших скоростях течения или вогнутого берега при интенсивном русловом процессе (рис. 14.6).

Незатопляемые поперечные сооружения, устраиваемые на пойменных участках, принято называть траверсами.

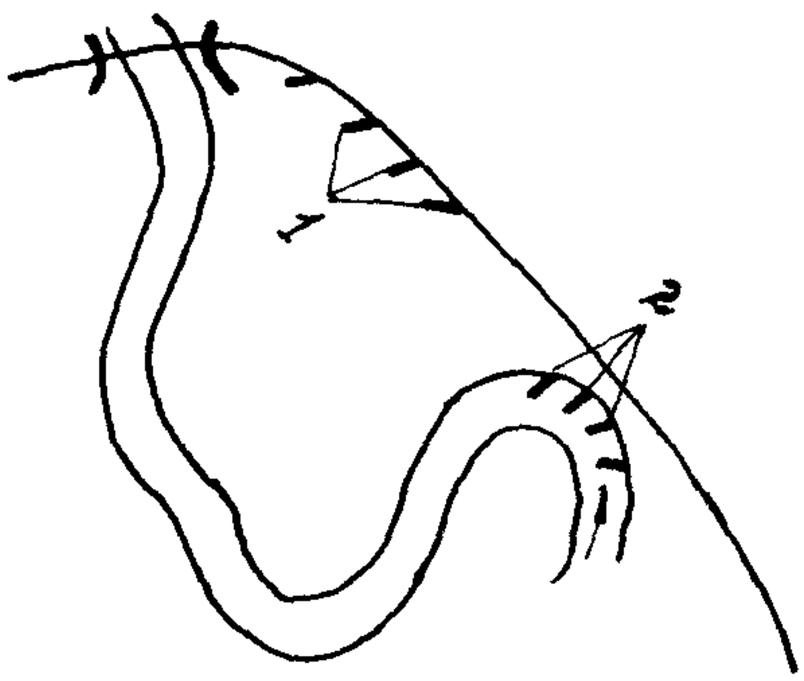


Рис. 14 6. Схема расположения траверсов (*1*) и шпор (*2*) для защиты насыпи подходов

Русловые сооружения (шпоры и полузапруды) устраивают обычно не выше бровки берега русла; при этом полузапруды частично или полностью затапливаются потоком, проходящим в бровках русла. Поперечные регуляционные сооружения рекомендуется примыкать к земляному полотну (или к берегу) под углом 90°.

Траверсы отжимают от подходной насыпи продольные течения на пойме, но не оказывают влияния на работу струенаправляющих дамб. Их не устраивают, если волновые или ледовые воздействия являются определяющими при назначении укреплений для подходов (т. е. требуются более мощные укрепления для защиты от волновых или ледовых воздействий, чем от продольных течений вдоль подходов).

Устройство шпор и полузапруд на судоходных и сплавных реках должно быть согласовано с организациями речного флота и лесосплава. На реках с интенсивным ледоходом, где возможно образование заторов льда, применять русловые сооружения не рекомендуется.

Защитный фронт, образуемый незатопленными поперечными сооружениями, распространяется вверх от головы сооружения на длину его проекции на нормаль к направлению течения *в* и вниз — на длину *z* (рис. 14.7).

На прямых и криволинейных участках при угле разворота излучины (см. гл. 9) или угле поворота трассы $\alpha_п \leqslant 60°$ *z* определяют по формуле (согласно данным А. Н. Милитеева):

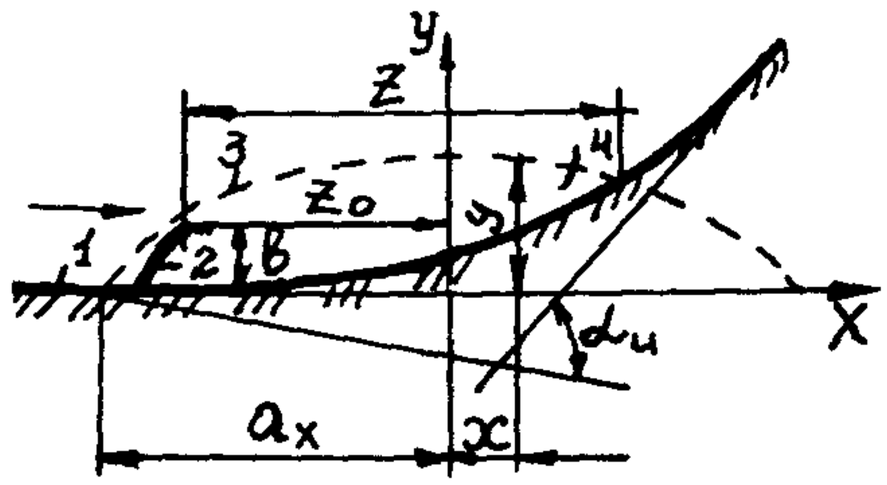


Рис. 14.7. Размеры водоворотных зон у поперечных сооружений:

1—вогнутый берег; *2*—поперечное сооружение, *3*—граничная струя транзитного потока, *4*—водоворотная зона

$$z = 1{,}5\,в\left(1 - 3\lg\lambda\frac{в}{H}\right), \quad (14.24)$$

где $\lambda = \frac{2g}{C^2}$—коэффициент гидравлического трения, *C*—коэффициент Шези

Расчет по формуле (14.24) производят при $-1{,}2 \leqslant \lg\lambda\frac{в}{H} \leqslant 0{,}1$; при $\lg\lambda\frac{в}{H} < -1{,}2$ $z = 7$ *в* и при $\lg\lambda\frac{в}{H} > 0{,}1$ $z = в$.

Для облегчения расчетов составлен график (рис. 14.8).

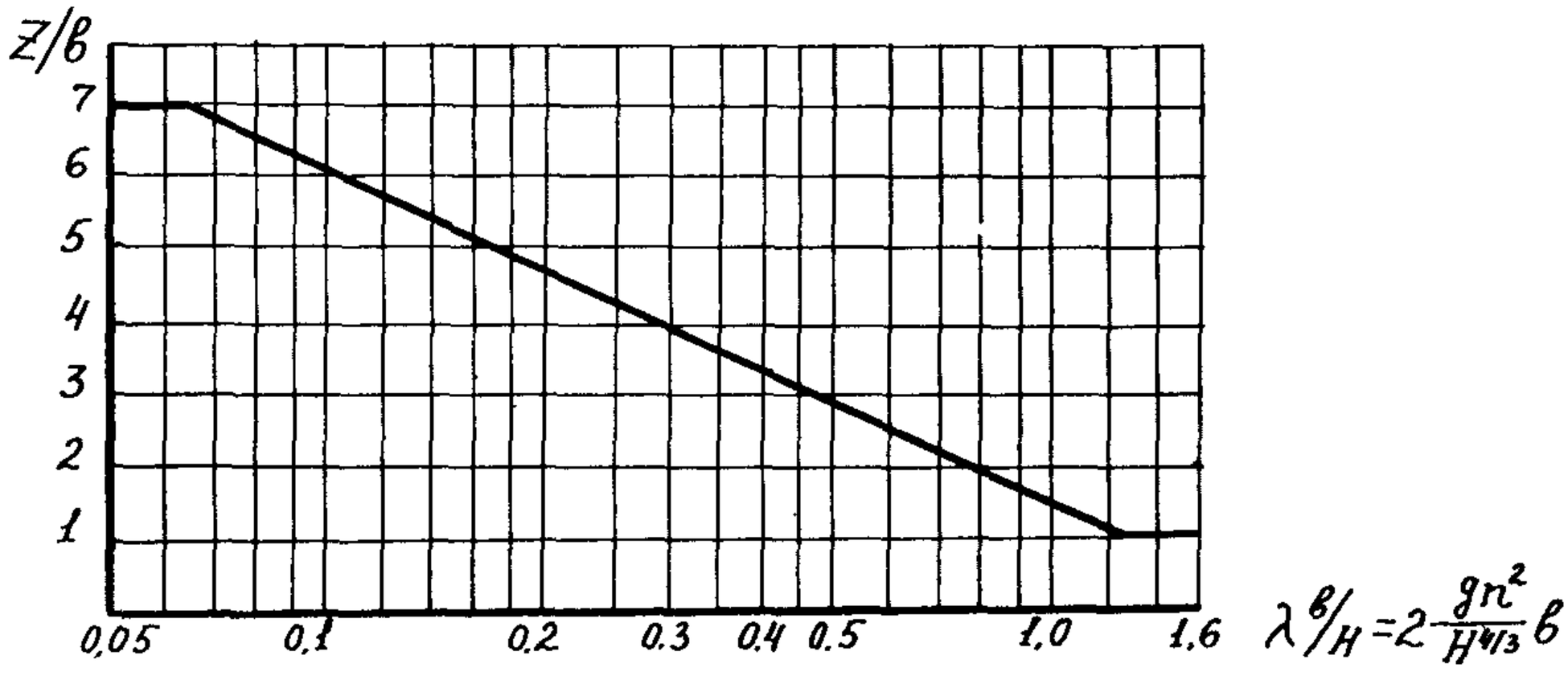


Рис 14 8. График для определения длины защитного фронта z, создаваемого поперечным сооружением расчетной длиной $в$ на прямолинейных и слабокриволинейных участках

На криволинейных участках при $\alpha_и > 60°$ фактическая длина водоворотных зон меньше рассчитанной по формуле (14.24), поскольку ее размеры ограничиваются с низовой стороны берегом или насыпью (см. рис. 14.7).

В первом приближении коэффициент уменьшения длины водоворотной зоны на криволинейном участке равен

$$k_z = 0{,}27 \operatorname{ctg} \frac{\alpha_и}{4} \qquad (14.25)$$

Для того, чтобы между соседними поперечными сооружениями был защищенный участок насыпи (берега), расстояние между ними должно быть не менее длины защитного фронта z верхнего сооружения. При компоновке поперечных сооружений ниже стоящее сооружение должно выступать из водоворотной зоны, образованной верхним сооружением (см. рис. 14.7). Траектория граничной струи транзитного потока, фиксирующая водоворотную зону, описывается эллипсом с малой a_y - 1,4$в$ и большой $a_x = \frac{z+в}{2}$ полуосями. Ось абсцисс X располагают на прямой, касательной к берегу в точке пересечения с продольной осью сооружения (см. рис. 14.7). Ось Y расположена в створе наибольшего удаления граничной струи транзитного потока от берега (или оси X при криволинейном русле) на расстоянии от расчетного створа, равном

$$z_0 = \frac{z-в}{2}. \qquad (14.26)$$

В любом створе, расположенном на расстоянии x от оси Y, граничная струя транзитного потока удалена от оси X на отрезок y, равный

$$y = \frac{a_y}{a_x} \sqrt{a_x^2 - x^2}. \qquad (14.27)$$

Расстояние между полузапрудами принимают не более двойной их длины.

3. У сплошных незатопляемых поперечных сооружений глубину местного размыва в однородных несвязных и связных грунтах определяют по формуле

$$h = \left[1{,}7\left(\frac{v_г}{k_v v_0}\right)^{2/3} - 1\right] H K_m, \qquad (14.28)$$

где $v_г$—скорость потока в голове поперечного сооружения (см. п. 4); k_v—коэффициент, характеризующий поступление наносов в воронку размыва и принимаемый равным: $k_v = 1$ при расположении поперечных сооружений на пойме, размывах в связных грунтах или $v \leqslant v_0$; $k_v = 0{,}96\left(\frac{H}{d}\right)^{0{,}05}$ при $v \geqslant 1{,}35 v_0$ при $v_0 < v < 1{,}35 v_0$—в диапазоне значений k_v; v_0—неразмывающая скорость (см. гл 10), определяемая с учетом глубины потока H в голове поперечного сооружения.

Наибольшую глубину местного размыва у сплошных затопляемых поперечных сооружений высотой H_1 определяют по формуле (14.28) с учетом весового коэффициента f_1, который принимают согласно гл. 10.

4. Скорость потока в голове поперечного сооружения $v_г$ определяют в зависимости от угла α, образуемого осью сооружения с направлением течения:

при $\alpha \geqslant 45°$

$$v_г = (в/H)^{1/4} v; \qquad (14.29)$$

при $\alpha < 45°$

$$v_г = v + [(в/H)^{1/4} - 1]\left(\frac{\alpha}{45}\right)^{1/3} v. \qquad (14.30)$$

5. При назначении поперечных сооружений необходимо иметь в виду, что укрепления их голов на воздействие продольных течений должны быть более мощные, чем укрепления защищаемых откосов насыпи или берега (без поперечных сооружений).

При укреплении поперечных сооружений каменной наброской крупность камня определяют (для самых неблагоприятных условий) по формулам [54]:

при $90° \geqslant \alpha \geqslant 45°$

$$d_к = \varphi_v \left[(в/H)^{1/2} + 9{,}25 \frac{v^2}{gH}\left(\frac{H}{Ш}\right)^{1/2} \frac{m^2}{\sqrt{m^2 - m_0^2}}\right], \qquad (14.31)$$

где $\varphi_v = 0{,}1 \frac{v^2}{g} \frac{m}{\sqrt{m^2 - m_0^2}}$, Ш—ширина поперечного сооружения;

при $\alpha < 45°$

$$d_к = 0{,}58 \frac{v^4}{g^2 H} \varphi_\alpha^4 \frac{m^2}{m^2 - m_0^2}, \qquad (14.32)$$

где $\varphi_\alpha = 1 + (в/\mathrm{H})^{1/4}\left(\frac{\alpha}{45}\right)^{1/3} - \left(\frac{\alpha}{45}\right)^{1/3}$.

Толщину плитных укреплений рассчитывают по рекомендациям гл. 12 на скорость $v_г$ в голове сооружения.

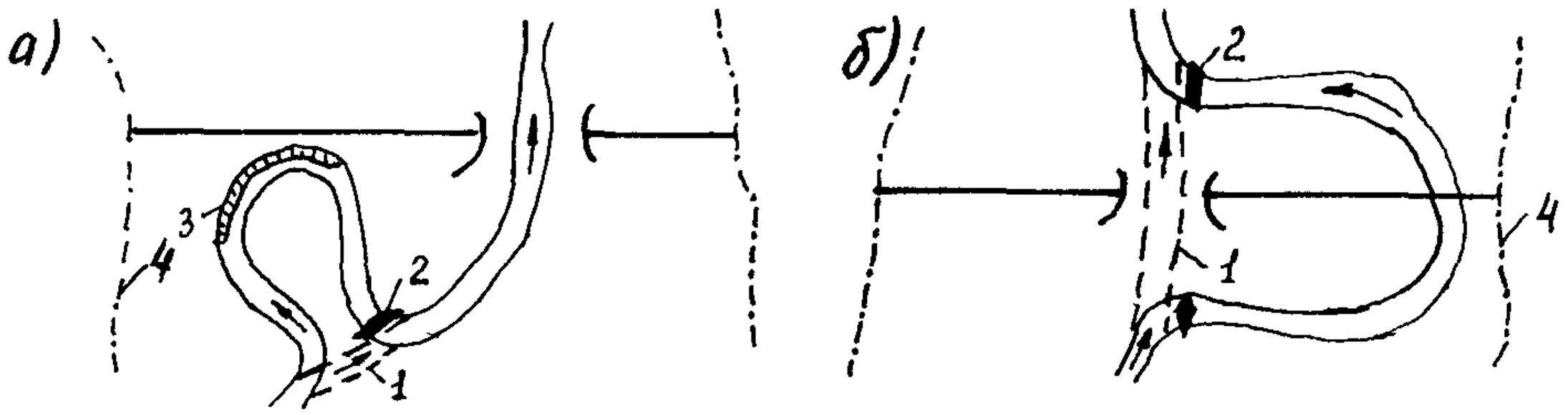


Рис. 14.9. Схема спрямлений излучин русла:

а—спрямляемая излучина, угрожающая пойменной насыпи на несудоходной реке; *б*—расположение моста на спрямленном русле судоходной реки; *1*—спрямление; *2*—запруда; *3*—вариант укрепления берега, *4*—граница разлива при УВВ

14.4. Спрямление русел и водоотводы на поймах

1. Спрямление русла производят только на равнинных меандрирующих реках с целью выключения излучины, угрожающей сооружениям мостового перехода, или создания нормального направления русла к оси перехода (рис. 14.9).

Спрямление русла также производят для устранения систематических заторов льда в пересеченной мостовым переходом излучине.

Целесообразность спрямления русла должна быть доказана сравнением вариантов спрямления и выполнения других мероприятий, улучшающих работу перехода (рис. 14.9, *а*). Спрямление русел судоходных и сплавных рек должно быть согласовано с соответствующими организациями, а несудоходных и несплавных—с местными организациями, интересы которых затрагивает проектируемое спрямление (с местными советами, колхозами, совхозами, лесхозами и др).

Для заиления выключенной в результате спрямления излучины русла на уровне бровок русла устраивают массивную запруду в нижнем по течению участке петли; на судоходных и сплавных реках такую же запруду устраивают в начале спрямления, обеспечивая нормальные условия судовождения (рис. 14.9, *б*).

2. Расчет спрямления русла производят для расхода воды $Q_{рб}$, проходящего в бровках русла.

Основные геометрические размеры канала должны удовлетворять следующим условиям:

ширина в бровках $B_{спр}$ находится в пределах $B_{рб} \leqslant B_{спр} \leqslant B_{уш}$,

где $B_{рб}$, $B_{уш}$—ширина соответственно бытового и уширенного русла;

отметки дна не ниже средних в спрямляемом русле;

уклон дна равен $i_{спр} = i_{из} \frac{L_{из}}{l_{спр}} (n_{из}/n_{спр})^2$,

где $i_{из}$—уклон потока в спрямляемой излучине; $L_{из}$, $l_{спр}$—длина излучины и спрямленного участка; $n_{из}$, $n_{спр}$—коэффициенты шероховатости русла в излучине и на спрямлении (в канале).

Искусственное и естественное русла сопрягают по круговым кривым радиуса не менее 3,5 $B_{спр}$ на неэксплуатируемых и не менее 5 $B_{спр}$ на сплавных и судоходных реках.

3. Подходы к мостам, расположенным на поймах меандрирующих рек, обычно перекрывают староречья, протоки и ложбины между старыми прирусловыми валами. В образовавшихся замкнутых пространствах выше и ниже мостового перехода могут накапливаться талые и грунтовые воды, заболачивая пойменные земли.

В этих случаях в проекте мостового перехода должны быть предусмотрены водоотводы, а при необходимости—отверстия в пойменных насыпях.

4. Сооружения для отвода воды из замкнутых пойменных водоемов рассчитывают на расход, пропуск которого обеспечивает нормальную хозяйственную деятельность на пойме реки выше и ниже по течению от мостового перехода.

Необходимые размеры неукрепленных водоотводных канав на поймах подбирают такие, при которых скорость потока v в них меньше неразмывающей v_0 (см. гл. 10).

Площадь ω живого сечения, в м^2, и продольный уклон i канавы в несвязных грунтах могут быть определены по формулам:

$$\omega \geqslant \frac{Q}{3{,}6(dR)^{0{,}25}}; \tag{14.33}$$

$$i = \frac{13d^{0{,}5}n^2}{R^{0{,}83}}, \tag{14.34}$$

где Q—расход воды в бровках, м^3/сек; d—средний диаметр частиц несвязного грунта; R—гидравлический радиус живого сечения, м; n—коэффициент шероховатости, принимаемый равным 0,02—0,025

14.5. Причины нарушения и методы усиления водопропускной способности мостовых переходов

1. Под водопропускной способностью обычно понимается расход воды, пропускаемый мостовым переходом при запасах в размерах сооружений, регламентированных нормами. Если при проходе не выше расчетного паводка требуются ремонтные работы, выходящие за пределы текущего содержания сооружений, то принято считать, что водопропускная способность мостовых переходов нарушена.

К нарушениям водопропускной способности, приводящим к отказу (разрушению) сооружений, относятся: подмыв основания или фундамента; размыв укрепления; перелив или подтопление.

Подмывы основания или фундамента сооружения, как правило, нельзя визуально фиксировать, что связано иногда с выделением этого вида нарушения в особо опасное.

С точки же зрения возможности отказов все перечисленные нарушения водопропускной способности являются равноопасными.

Причинами нарушения водопропускной способности мостовых переходов являются: недостаточное обоснование проектных реше-

ний, слабая проработка проектов организации работ и отсутствие в них природоохранных мероприятий; отсутствие конкретных норм и правил, регламентирующих работы в руслах и поймах рек.

Указанные причины могут быть подразделены на два вида: ошибки, заложенные при проектировании и строительстве; антропогенные (связанные с деятельностью человека) воздействия

Детализация причин нарушения водопропускной способности переходов и связанные с ними возможные последствия приведены в табл 14 2. В таблицу включены объективные причины, вызванные, например, несовершенством расчетов и непреднамеренно неправильно принятыми решениями. Грубые промахи, халатность, нарушение норм и прочие действия не рассматриваются

Таблица 14 2

№	Ошибки, допущенные при проектировании и строительстве	Причины возникновения	Воздействие потока и виды нарушения водопропускной способности
1	Неправильно определен расчетный расход	Короткий (нерепрезентативный) ряд наблюдений за расходами или уровнями	Повышенные деформации у опор мостов и струенаправляющих дамб, подтопление пролетных строений и подходов
2	Неправильно определен расчетный уровень	Недоучет ледовых явлений	Подтопление пролетных строений
3	Недостаточное заложение фундаментов опор	1 Неправильно определены гидрологические условия (см п 1) 2 Сосредоточенные размывы, вызванные неправильной регуляцией пойменного потока (малы плановые размеры струенаправляющих дамб), недостаточное отверстие моста (при коэффициенте стеснения потока более двух может меняться направленность руслового процесса), естественный русловой процесс (неблагоприятное положение наносных скоплений в подмостовом сечении) 3 Завышение отверстия моста при меандрирующих руслах (большая косина потока, обтекающего опору при низких уровнях)	Недопустимые русловые деформации у опор
4	Недостаточное укрепление подошвы струенаправляющих дамб, конусов и подходных насыпей	Недоучет интенсивности русловых процессов в свободных и зарегулированных руслах	Подмыв оснований сооружений

Продолжение табл 14 2

№	Ошибки, допущенные при проектировании и строительстве	Причины возникновения	Воздействие потока и виды нарушения водопропускной способности
5	Нарушения в технологии возведения переходов	1) Не расчищена пойменная часть отверстия	Сосредоточенные размывы в русле
		2) Островками или дамбами для возведения промежуточных опор перекрыта значительная часть русла	
		3) Устройство карьера в русле выше или ниже мостового перехода с объемом разрабатываемого грун та, не восстанавливаемого рекой за 1—2 года	Понижение отметок дна русла под мостом
		4) Не разобрано шпунтовое ограждение после возведения промежуточных опор	Подмыв шпунта при глубине воронки больше расчетной для опоры
4	Недоучет антропогенных воздействий	1) Вырубка лесов в водосборном бассейне	Увеличение пикового расхода в паводки (при том же объеме стока)
		2) Устройство гидротехнических сооружений выше по течению и устроиство карьеров в руслах рек	Понижение отметок русла под мостом из-за нарушения режима наносов
		3) Разрушение некапитальных плотин	Увеличение расхода воды в отверстии
		4) Склоновая эрозия	Перелив через насыпь или сосредоточенные размывы из-за отложения наносных скоплений под мостами (особенно малыми)

2. Время обнаружения ошибок зависит в основном от коэффициента вариации расходов воды C_v на водотоке. В северных районах, где коэффициенты вариации небольшие, в первые же годы эксплуатации перехода условия прохождения паводка будут близки к расчетным и выяснятся недостатки сооружений. На водотоках с высоким C_v мостовой переход может благополучно пропускать паводки в течение ряда лет и неожиданно нарушиться его работа при проходе высокого паводка.

От коэффициента вариации максимальных расходов зависит также ошибка при определении расчетного расхода или уровня. *При коротких рядах и большом коэффициенте вариации прохождение* высокого паводка существенно изменяет расчетные гидрологические параметры [57].

3. Большинство причин подмыва сооружений связано с сосредоточенным размывом—неблагоприятным сочетанием возможных размывов (общим, местным и естественным переформированием русла) у сооружений мостового перехода Особенно опасны (из-за

невозможности их прогнозирования) сосредоточенные размывы при нарушении тенденций изменения хода руслового процесса, которые могут быть вызваны неправильной регуляцией пойменного или руслового потоков на стадии возведения мостового перехода.

4. Наряду с изменением направленности хода руслового процесса, связанного в конечном счете со стеснением потока в районе мостового перехода, не менее неблагоприятные условия могут быть созданы при завышении отверстия моста.

Такое проектирование наиболее неэкономично, поскольку увеличивается стоимость и пролетных строений, и опор. Кроме возможной большой косины потока, обтекающего опору при низких уровнях (что ведет к увеличению глубины заложения фундамента), из-за свободного меандрирования русла в отверстии моста требуется одинаковое фундирование всех промежуточных опор.

5. На естественный ход руслового процесса может существенно повлиять устройство карьеров в русле выше или ниже мостового перехода. Наиболее опасен забор грунта в русле выше мостового перехода, поскольку в этом случае русловые деформации под мостом будут развиваться в условиях дефицита поступления наносов. Забор грунта в русле выше мостового перехода не будет влиять на его работу при соблюдении всех условий, указанных в табл. 14.3.

При заборе грунта в русле ниже перехода уполаживаемый верховой откос карьера (в результате так называемого попятного размыва) не должен доходить до створа моста. Необходимое расстояние до карьера для соблюдения указанного условия приведено в табл 14.3.

Таблица 14 3

Параметры карьеров	Требования к карьерам, расположенным в русле относительно створа перехода	
	выше	ниже
Объем	Восстанавливается рекой за 1—2 года	Не понижает базиса эрозии (уровень воды в реке)
Глубина забора грунта в русле, $h_к$	$<(3\div5)i\ \ (l_к—L_р)$; $<(2\div4)il_к+\Delta h$, i—продольный уклон водной поверхности нестесненного потока; $L_р$—длина тела размыва, Δh—глубина общего размыва в русле	
Расстояние до створа перехода, $l_к$	$>L_р+\sqrt{\frac{L_р\Delta h}{(3\div5)i}}$	$>\frac{h_к—\Delta h}{(2\div4)i}$

6. Проектным решениям по реконструкции мостовых переходов предшествует их обследование. Порядок проведения изыскательских работ, сбор дополнительных материалов для проекта и согласования приведены в гл. 4.

После выяснения причин и объемов разрушений на основе технико-экономического обоснования принимают решения об усилении перехода или новом строительстве. Если на нарушение водопропускной способности переходов не «накладываются» усиления провозной способности (например, устройство вторых путей) или реконструкций сооружений (например, увеличение грузоподъемности), то новое строительство (смещение створа перехода) экономически оправдано, как правило, только при потере устойчивости промежуточных опор. Смещение створа моста вниз по течению в этом случае желательно при той же схеме моста. В противном случае створ должен располагаться выше существующего не менее чем на 2—2,5 высоты реконструируемых опор. При этом следует учесть необходимость переустройства струенаправляющих дамб (см. пп. 14.6).

7. При недостаточном заложении фундаментов опор моста, вызванном изменившимися ситуационными условиями (например, устройство плотины выше мостового перехода), усиление опор или всего подмостового русла может быть экономически оправдано даже при отверстиях до 300—400 м.

Для того, чтобы не создавать условий для образований сосредоточенных размывов в русле, укрепление только опор следует устраивать ниже отметки общего размыва (и понижения русла в связи с изменившимися ситуационными условиями). При невозможности или технической сложности обеспечения указанного условия к укреплению только опор желательно переходить при пролетах в свету $l_{пр} > (10 \div 12)h$, где h—глубина местного размыва.

Обычно используют для защиты опор от подмыва плитное (тюфячное) укрепление или каменную наброску. Плитное укрепление технологически более сложное и трудоемкое и применяется при работе «насухо» или при малых глубинах потока в межень. При использовании плитного укрепления необходимо решать вопросы с закреплением его к опоре и ликвидации больших зазоров между укреплением и опорой. Сложность связана также с неровной поверхностью дна у опоры (включая сформировавшуюся воронку местного размыва). Неравномерность деформаций дна у основания опоры при недостаточной гибкости плитного укрепления обуславливает ненадежность его применения.

Гибкость конструкции укрепления обеспечивает каменная наброска. При этом типе укрепления камень не должен уноситься, а толщина каменной наброски (не менее трех слоев) исключать возможность практической просадки за счет «отсоса» из-под нее частиц грунта русла.

8. Укрепление опоры может быть произведено по двум принципиально различным схемам. По первой схеме укрепление устраивают на всю ширину воронки, которая образовалась бы при отсутствии укрепления. Размеры схематизированной воронки в плане для назначения размеров укрепления при нормальном набегании потока на опору показаны на рис. 14.10. При косом набегании потока бровку схематизированной воронки рекомендуется

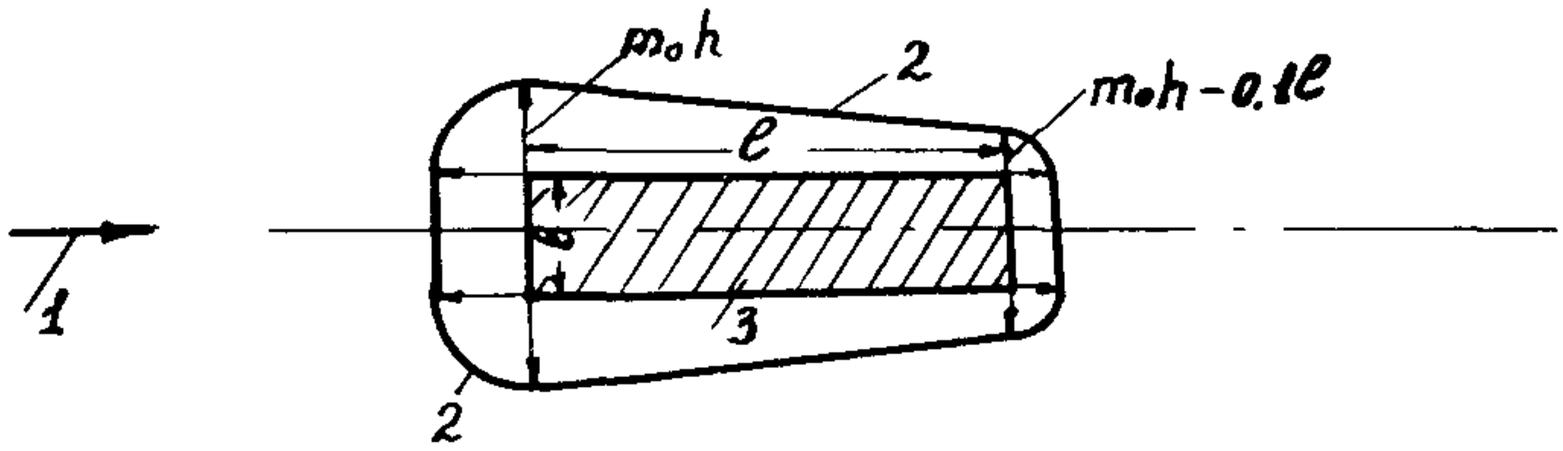


Рис. 14.10. Размеры схематизированной воронки в плане:
1—направление течения, *2*—бровка воронки; *3*—опора

назначать на одинаковом расстоянии от сторон опоры (на отметке общего размыва) по всему ее периметру, равном hm_0, где m_0—коэффициент естественного откоса грунта, определяемый согласно *табл.* 10.11.

По первой схеме укрепление работает как недеформируемый нижний слой русла, стабилизирующий местный размыв у опоры.

При расположении верха наброски ниже на Δ отметки дна после общего размыва камень крупностью $d_н$ будет устойчив у основания опоры при

$$d_н > 0{,}7\ H\left(\frac{v}{\mu\sqrt{gH}}\right)^{8/3}\left(\frac{b}{H}\right)^{1/3}\left(\frac{H}{H+\Delta}\right)^{\varphi}, \qquad (14.35)$$

где H, v—глубина и скорость потока; μ—параметр, определяемый по формуле (10.51); b—расчетная ширина опоры, приведенная к цилиндрической и равная (см. п. 10.5)

$$b = \left(\sum_{i=1}^{n} b_i^{0,6} f_i M_i K_i\right)^{1,67}; \qquad (14.36)$$

φ—коэффициент, зависящий от отношения H/b:

$\frac{H}{b}$ ...	$\leqslant 1$	2	3	4	5	6	8	10
φ ..	2	2,2	2,5	2,85	3,35	3,65	4,5	5,7

9. Более экономичной и технологически простой является вторая схема укрепления опоры. При этой схеме можно использовать только камень (или подобный несвязный материал), который укладывают по периметру фундамента опоры, создавая в сечении до размыва камня треугольную или трапецеидальную рисберму толщиной δ (рис. 14.11). Она применима в том случае, если допускается размыв и требуется только несколько снизить его по сравнению с прогнозируемым без укрепления.

По этой схеме также необходимо подобрать по неравенству (14.35) размер камня, при котором обеспечивается его устойчивость у основания опоры. При размыве камень рисбермы, подобно слою отмостки, образует бронирующий покров дна (см. рис. 14.11, *б*).

Глубину местного размыва у опор, укрепленных камнем, определяют по формуле

$$h_н = 0{,}5\ d_н h^2 / \overline{W}_к, \qquad (14.37)$$

где $\overline{W}_к$—удельныи объем каменной наброски на 1 м проекции передней грани опоры на плоскость, перпендикулярную направлению течений, удельный объем камня вдоль боковых граней опоры можно принимать уменьшающимся линейно от $\overline{W}_к$ до нуля (рис 14 12)

Формула (14.37) применима при условии, что удельный объем камня находится в диапазоне $\overline{W}_{к\min} \leqslant \overline{W}_к \leqslant \overline{W}_{к\max}$, где $\overline{W}_{к\min} = 0{,}5 d_н h$; $\overline{W}_{к\max} = 0{,}3 \frac{d_н}{\delta} h^2$, δ —толщина укладки камня (см. рис. 14.11).

10. Укрепление всего подмостового сечения может производиться (как и в первой схеме укрепления только опор) железобетонными (бетонными) плитами и каменной наброской. Крупность камня в наброске в укрепленном подмостовом сечении (не у опор) рассчитывают из условия устойчивости камня по размывающей скорости

$$d_н \geqslant 0{,}58 q^4 / (g^2 H^5), \qquad (14.38)$$

где q—удельный расчетный расход воды под мостом на участке укрепления

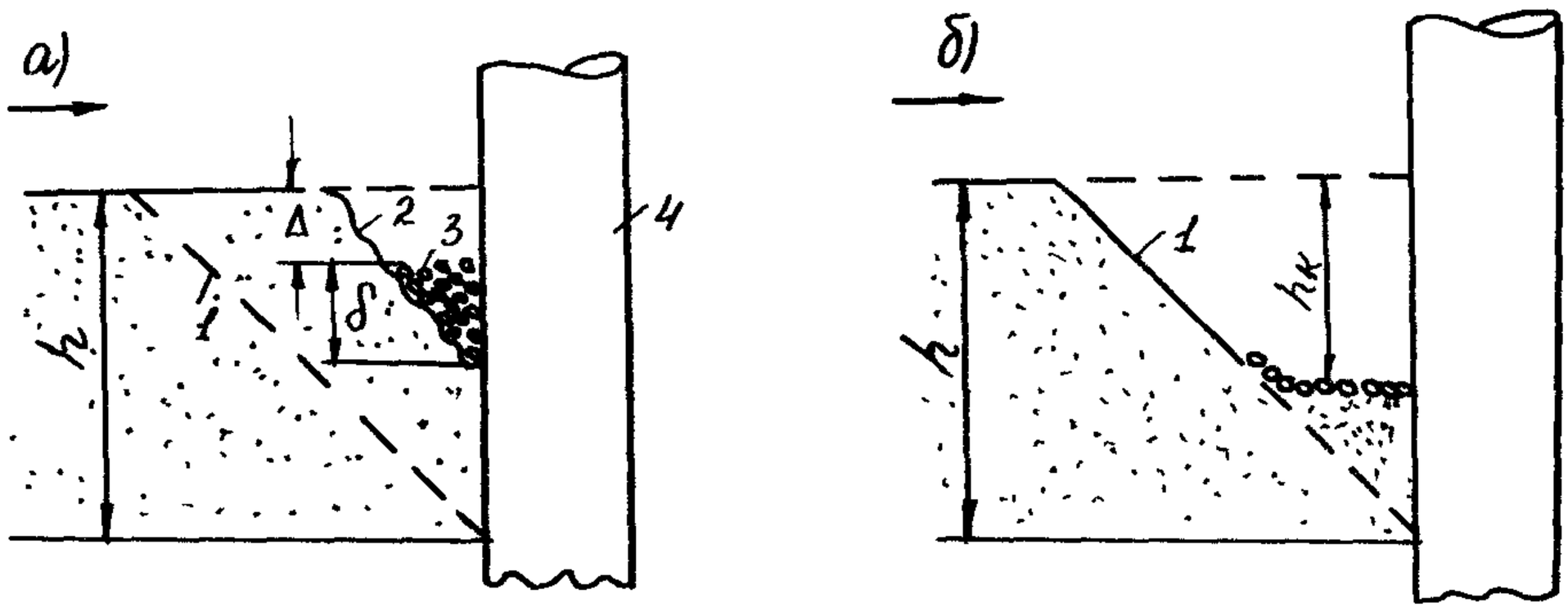


Рис 14 11. Укрепление опоры каменной наброской

а—расположение каменной наброски в сформировавшейся воронке размыва *б*—то же при стабилизации размыва, *1*—откос воронки при расчетных условиях без укрепления, *2*—то же при расходе воды ниже расчетного (в период эксплуатации перехода), *3*—рисберма, *4*—опора

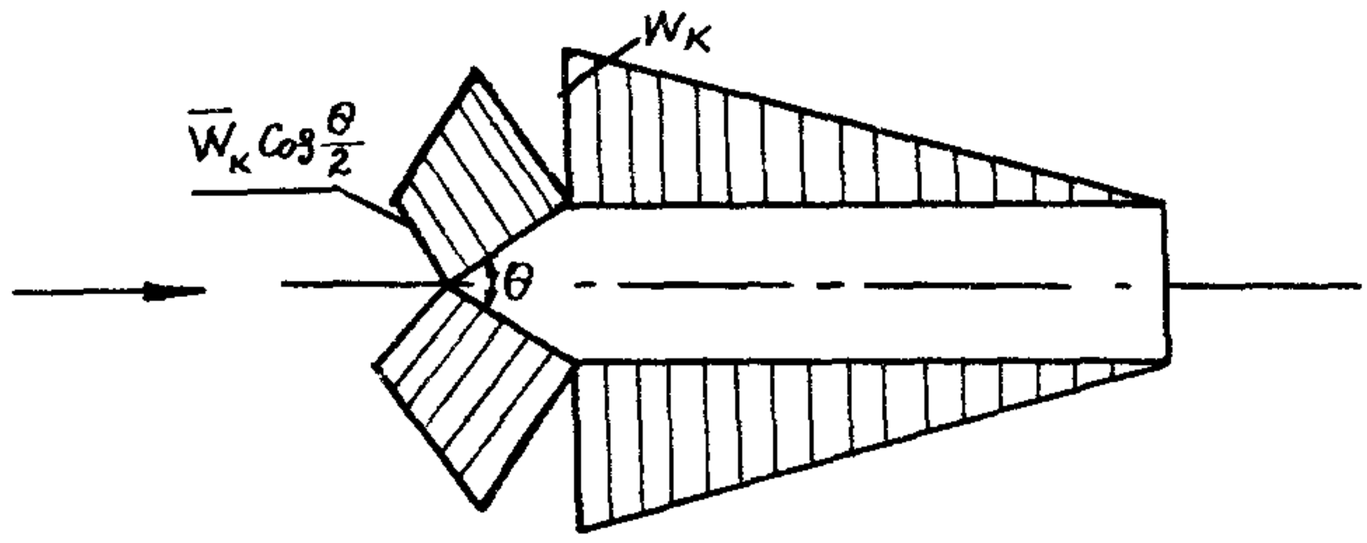


Рис 14 12 Эпюры удельных расходов камня для укрепления опоры

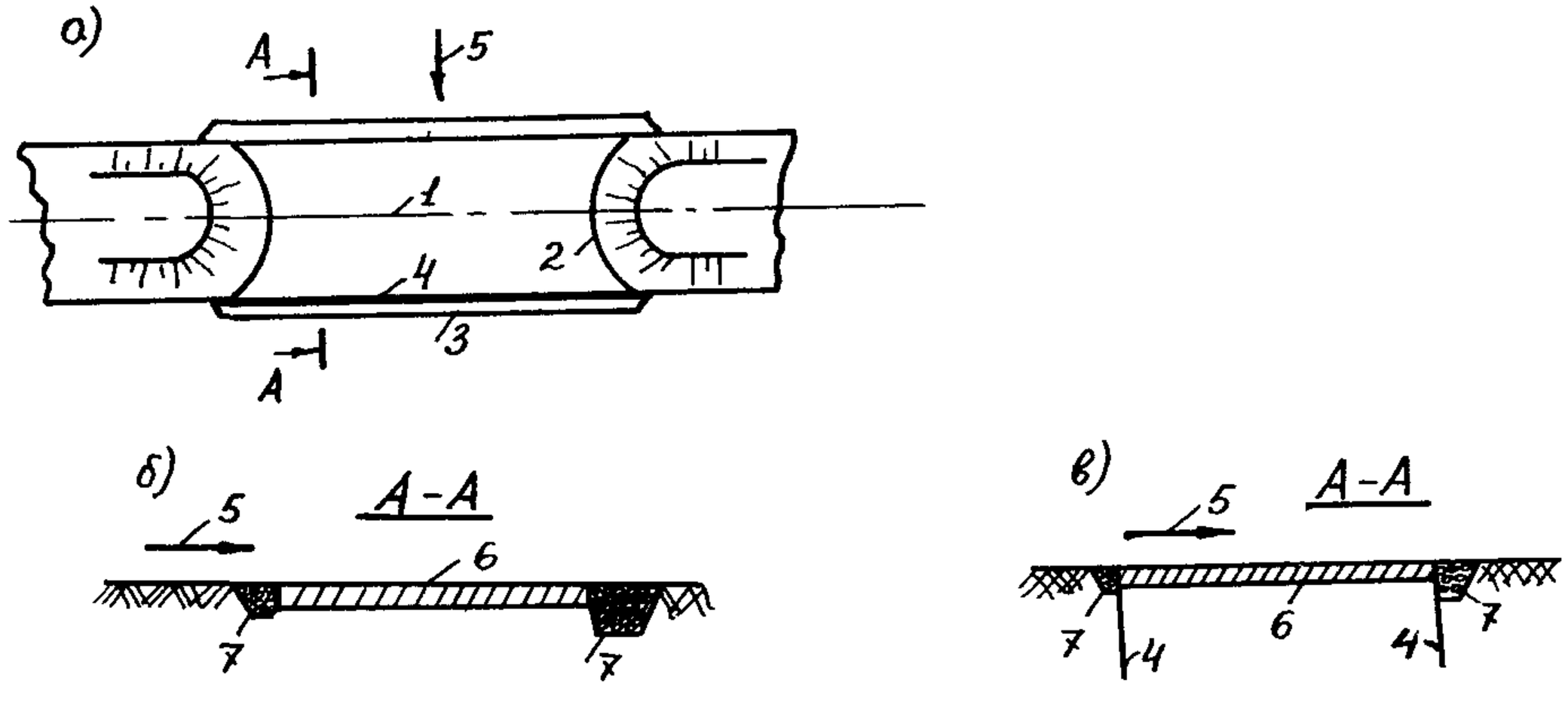


Рис. 14.13 Укрепление подмостового сечения

а—план укрепления, *б*—сечение А—А без устройства шпунтового ограждения, *в*—то же при устройстве шпунтового ограждения, *1*—ось мостового перехода, *2*—подошвы конусов моста, *3*—границы укрепления, *4*—шпунтовый ряд, *5*—направление течения, *6*—укрепление под мостового русла, *7*—рисбермы

Для защиты самого укрепления от подмыва с верховой и низовой его стороны устраивают обычно рисбермы (рис. 14.13), крупность камня в которых должна назначаться не менее полученной по формуле (14.38).

Удельный объем камня в рисберме назначают из условия достаточности распределения его по защищаемому от размыва откосу:

$$\overline{W}_к \geqslant 1{,}2 d_н h \sqrt{1+m_0^2}, \qquad (14.39)$$

где h—глубина местного размыва соответственно в нижнем или верхнем бьефах укрепления, определяемая по формуле

$$h = 0{,}9 \frac{k_F}{k_\rho} \left(\frac{q}{\sqrt{g} d^{0{,}25}} \right)^{0{,}8} - H; \qquad (14.40)$$

k_F—коэффициент, учитывающий увеличение турбулизации потока в воронке размыва по сравнению с равномерным режимом и принимаемый равным 1,15—1,25; k_ρ—коэффициент, учитывающий поступление наносов в воронку размыва и принимаемый в зависимости от превышения средней скорости потока v над неразмывающей v_0 для грунтов русла·

v/v_0...	$\leqslant 1{,}0$	1,2	1,6	2,0	2,4
k_ρ ...	1,0	1,16	1,47	1,75	2,03

При расчете местных размывов в нижнем бьефе рекомендуется учитывать только частичное поступление наносов в воронку размыва и принимать указанное значение k_ρ в степени 0,5. На пойменных участках и в других случаях, когда отсутствует поступление наносов в воронку размыва, $k_\rho = 1$.

При больших глубинах размыва или дефиците камня укрепление подмостовых сечений «фиксируют» шпунтовым ограждением или, с целью уменьшения длины шпунта, используют шпунтовое

ограждение совместно с рисбермой из камня (см. рис. 14.13, *в*). Наличие каменной рисбермы уменьшает глубину местного размыва h у шпунтового ограждения до глубины

$$h_{н} = h\left(\frac{d}{d_{н}}\right)^{1/3} + 0{,}13\,\frac{d_{н}}{\overline{W}_{к}}\,h^{2}, \qquad (14.41)$$

где d—средний диаметр частиц грунта в подмостовом сечении

11. При наличии каменной рисбермы и шпунтового ограждения в концевых частях укрепленного подмостового сечения оптимальную по стоимости глубину забивки шпунта назначают из условия, чтобы глубина размыва у рисбермы была

$$h_{к} = h\left(\frac{d}{d_{н}}\right)^{1/3} + 0{,}36h\sqrt{d_{н}\frac{c_{к}}{c_{ш}}}, \qquad (14.42)$$

где $c_{к}$, $c_{ш}$—стоимость соответственно 1 м³ камня и 1 м² шпунтового ограждения.

Для оптимальной глубины $h_{к}$ требуется удельный объем камня

$$\overline{W}_{к} = 0{,}13 d_{н} h^{2} / \left[h_{к} - h\left(\frac{d}{d_{н}}\right)^{1/3}\right]. \qquad (14.43)$$

В районах, где камень является дефицитным материалом, при сопоставлении по стоимости укрепленных подмостовых русел критерием рациональности применения каменной рисбермы (особенно в верхнем бьефе) служит неравенство

$$\overline{W}_{к} \leqslant 1{,}2\,\frac{c_{ш}}{c_{к}}\,(h - h_{к}). \qquad (14.44)$$

К усилению мостовых переходов, кроме указанного укрепления опор и всего подмостового сечения, относится подъем пролетных строений и увеличение высоты насыпи подходов, увеличение отверстия моста, укрепление откосов сооружений и переустройства регуляционных сооружений для регулирования пойменного и руслового потоков (см. п. 14.6).

14.6. Реконструкция существующих регуляционных сооружений

1. При реконструкции существующих мостовых переходов возникает необходимость переустройства системы регуляционных сооружений.

В связи с этим нужно решить вопросы о целесообразности реконструкции существующих сооружений, степени их использования и об объеме работ по реконструкции на основе анализа материалов о работе мостового перехода за прошлые годы и данных гидрологических изысканий, освещающих характер и тенденции переформирования русла реки.

При анализе работы мостового перехода за период эксплуатации устанавливают интенсивность переформирования русла и учитывают проводившиеся мероприятия по пропуску паводков.

Если эти меры не дали положительного результата, то переустройство регуляционных сооружений необходимо, когда:

а) создалась реальная угроза прорыва насыпи подхода и обхода моста рекой; этот случай характерен для блуждающих рек

при образовании «ковша» размыва в непосредственной близости от моста;

б) река подмывает насыпь на подходах к мосту; этот случай характерен для равнинных меандрирующих рек;

в) образовался сосредоточенный размыв в одной части моста, тогда как другая часть работает слабо, причем опорам моста в размытой части угрожает подмыв; этот случай характерен также для равнинных меандрирующих рек, когда водопропускное отверстие размещено, а опоры моста заложены без учета развития меандра и мощности пойм; такой же случай возможен при неправильной форме и недостаточных размерах струенаправляющих дамб;

г) фарватер сместился с судоходных пролетов моста или судоходная трасса расположилась с недопустимой косиной относительно опор моста; этот случай характерен для равнинных рек с побочневым руслом;

д) наибольшая глубина сместилась к мелкозаложенным опорам моста; этот случай возможен на реках с любым типом руслового процесса и характерен для старых мостов, опоры которых закладывались без учета этого процесса и местного размыва;

е) водоразделительные дамбы, ограждающие участки земляного полотна, недостаточны по высоте.

2. Если реконструкция мостовых переходов производится в связи с подтоплением при устройстве водохранилищ, необходимо обеспечить достаточность регуляционных сооружений по высоте и укрепление их откосов в условиях волнения на водохранилище.

3. Если мероприятия по пропуску паводков через мосты за период эксплуатации регуляционных сооружений были эффективными и не допускали аварийного положения перехода и отдельных его элементов, то необходимость реконструкции обосновывают сравнением вариантов переустройства и ежегодных затрат на пропуск паводков с учетом отдаленности капиталовложений и очередности работ.

Переустройство существующих продолжительное время сооружений следует назначать лишь при ощутимом эффекте его, обоснованном детальными расчетами и прогнозами руслового процесса на ближайшее время.

Не следует, например, назначать переустройство струенаправляющих дамб, просуществовавших много лет, только потому, что бровки таких дамб имеют недостаточный запас по техническим условиям, или потому, что их форма не соответствует плавному очертанию, рассчитанному по современным методам, тогда как состояние подмостового русла и подходов не требует такого переустройства.

Переустройство регуляционных сооружений проектируют в соответствии с указаниями настоящей главы, по возможности используя имеющиеся сооружения.

Глава 15. МОСТОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

15.1. Природоохранные мероприятия при изысканиях и в проектах мостовых переходов

1. К основным задачам охраны окружающей среды, связанным с возведением мостовых переходов, относятся предохранение рек и водоемов от загрязнения, сохранение сельскохозяйственных угодий, защита от эрозии и заболачивания почв.

При выполнении инженерных изысканий и в проектах мостовых переходов необходимо принимать меры для минимального ущерба природной среды в районе перехода.

2. При изысканиях мостового перехода собирают сведения о естественном состоянии всех природных и хозяйственных факторов в районе перехода; в том числе уточняют:

физические и биологические характеристики воды в реке;

рыбохозяйственные характеристики реки с перечнем видов и промышленной ценности рыбы, мест их роста, нагула, миграции, зимования и отлова;

объекты сельского хозяйства, пахотные и луговые угодья, животноводческие фермы и лагеря летнего содержания скота;

положение судоходной трассы, сведения о ее устойчивости;

наличие вблизи перехода специальных инженерных сооружений, водозаборов, переходов трубного транспорта, воздушных и кабельных переходов ЛЭП и связи;

места отдыха населения, наличие и дислокация лечебных и оздоровительных учреждений на реке;

наличие вблизи перехода исторических, этнографических и архитектурных памятников.

3. В процессе выполнения изыскательских работ рубка леса под просеки, нарушение дернового (особенно торфо-мохового) покрова, устройство временных сооружений должно быть ограничено.

После завершения изыскательских работ необходимо засыпать инженерно-геологические выработки, разобрать временные сооружения и т. п.

4. В проектных решениях рекомендуется створ мостового перехода назначать с учетом наименьшего вмешательства в природную среду и ущерба народнохозяйственным объектам, землепользователям в ближайших населенных пунктах.

При проектировании мостовых переходов через реки должны учитываться особенности их гидрологического режима и опережающие темпы экономического освоения региона, особенно в Сибири. Главные из них:

преобладающие направления течения наиболее крупных рек с юга на север;

многомодальные гидрографы паводков;

прогрессирующее обострение гидрографов паводков, как результат интенсивной вырубки лесов;

суровый ледовый режим с шугоходом, зажорами и мощными заторами льда;

зарегулированный режим крупных рек и их притоков высоконапорными плотинами ГЭС, особенно в Восточной Сибири,

преобладающее значение речного транспорта и режима судоходства для экономики региона (Обь, Енисей, Лена с притоками);

большой объем лесосплава, в частности молевого,

замедление сроков выроста и воспроизводства рыбы,

важное значение сельхозугодий на поймах рек как одной из основ кормовой базы сельского хозяйства,

сравнительная бедность базы нерудных материалов (особенно в Западной Сибири) при концентрации их в руслах крупных рек;

растущие потребности в технологической воде для нужд металлургической, целлюлозно-бумажной и нефтегазодобывающей промышленности,

пересечение рек мощными нефтегазопроводами государственного значения, устойчивость которых при прочих равных условиях обеспечивается протяженными охранными зонами вдоль реки ненарушенным природным режимом,

нежелательность перекрытия и заглушения активных рукавов и протоков, вызывающих цепь отрицательных необратимых изменений природной среды.

5. Мостовые переходы могут ухудшать условия обитания и воспроизводства рыбы, наносят определенный ущерб сельхозугодьям на поймах, могут осложнить условия судоходства, затруднить эксплуатацию переходов через реки нефте- и газопроводов, водозаборов, нормальную деятельность зон отдыха и оздоровления.

Примерный перечень элементов природной среды и объектов народного хозяйства, подлежащих защите и охране при проектировании мостовых переходов и рекомендуемых для этого мероприятий приведен в табл 15.1.

Таблица 15 1

№ пп	Объект защиты и охраны	Мероприятия по защите и охране
1	Активные протоки и рукава, исполь зуемые для транзитного или мест ного судоходства	Групповые отверстия с мостами на протоках и рукавах и подмостовым габаритом по требованиям судоходства
2	Мелкие притоки и ручьи с самосто ятельным питанием, используемые для нужд сельского хозяйства или водоснабжения	Малые сооружения шандорного типа, закрываемые на время паводка или с ограничителями расхода (козырьки и т д), спрямление для отвода воды в главное русло
3	Протоки и рукава, служащие мес тами обитания и миграции рыбы	Групповые отверстия с мостами на протоках и рукавах при сохранении гидравлических характеристик, близких к бытовым

Продолжение табл. 15.1

№ пп	Объект защиты и охраны	Мероприятия по защите и охране
4	Сельхозугодья (сенокосные луга и т. п.) на поймах, для которых строительство перехода ухудшает условия землепользования	Развитие отверстия в пределах технической и экономической целесообразности для снижения величины предмостового подпора и зоны его распространения; устройство групповых отверстий при наличии активных протоков и рукавов; срезка прирусловых валов и пр.
5	Особо ценные земли на редко затопляемых слабо работающих поймах	Полное или близкое к полному раскрытие отверстия между коренными берегами путем замены насыпей эстакадами или виадуками в зависимости от высотного положения проезда
6	По условиям обитания рыб скорость воды в подмостовом русле после стеснения потока мостовым переходом не должна более чем в два раза превышать бытовую	Условия выполняются автоматически для принятых в объектах проектирования коэффициентов общего размыва, которые, как правило, меньше двух [75]
7	Допускаемый порог мутности потока в зоне общего размыва и зоне отложения наносов как условие обитания и воспроизводства рыбы	Зависит от скорости стесненного потока, обеспечивается необходимым развитием отверстия по расчету
8	То же, при концентрированной и рассредоточенной по фронту добыче нерудных материалов и при устройстве регуляции (срезки, спрямления русел, запруды)	Закладка локальных карьеров в зоне мостового перехода не допускается. Рассредоточенный забор материала из реки допускается для расчистки судовой трассы и регуляционных сооружений с ограничениями по технологии и времени работ [68]
9	Пляжные зоны в верхнем и нижнем бьефе мостового перехода, имеющие ограничения по скорости течения и глубине воды для безопасности людей	Сохранение бытового поля скоростей путем развития, в разумных пределах, отверстия. При невозможности этого—вынос пляжных зон и других оздоровительных объектов из зоны сжатия потока
10	Крупные пойменные массивы, периодически затопляемые побочни и отмели, служащие местами нереста рыбы [68]	Исключение из проектных решений мероприятий по срезке на поймах и сооружений, затрудняющих свободный режим обмена воды на них, сохранение крупных побочней и отмелей как нерестилищ
11	Подмостовое русло на время строительства	Применение конструкций и технологии с минимальным по обьему и срокам стеснения русла временными сооружениями, вызывающими увеличение скоростей и мутности потока Недопущение загрязнения реки нефтепродуктами, химикатами, фекалиями, отходами горячей воды

Продолжение табл 18

№ пп	Объект защиты и охраны	Мероприятия по защите и охране
12	Действующие магистральные нефте- и газопроводы, пересекающие реку с заделкой в грунт, которая гарантирует устойчивость труб против всплытия	Увеличение отверстия моста из расчета минимального общего размыва дна над трубопроводами При невозможности этого—вынос трассы мостового перехода на расстояние, превышающее длину зоны влияния общего размыва
13	Места регулярного образования особо крупных ледовых заторов, создающих угрозу подтопления и подмыва при разрушении объектов народного хозяйства и городов	Мосты с пролетами для беззаторного пропуска льда в экстремальных условиях
14	Переходы на магистральных внутренних водных путях I—III класса с интенсивным судоходством	Развитие отверстия до размеров, обеспечивающих скорости стесненного потока в русле при РСУ не более 20% в сравнении с бытовой

6. Существенное влияние на гидрологический режим рек оказывает интенсивная вырубка лесов, крупномасштабные ирригационные работы на поймах, ежегодное распахивание новых земельных массивов и бесконтрольный забор материала из русла рек, коренным образом ломающий сложившийся русловой процесс.

7. При проектировании сопоставляются переходы с минимальным ущербом окружающей водной среде (за счет увеличения отверстия, сохранения действующих протоков и рукавов), но высокой строительной стоимостью, с переходами, имеющими меньшую строительную стоимость за счет значительного изменения бытовых характеристик реки и существенного ущерба окружающей среде объектами народного хозяйства

Для нахождения оптимального решения учитывают совокупность всех факторов. При этом технико-экономическое сравнение включают в денежном выражении ущерб, причиняемый окружающей среде

8. Для оценки ущерба рыбному хозяйству следует пользоваться ведомственными методическими документами [68]. Ущерб компенсируется в форме капитальных затрат на строительство объектов искусственного рыборазведения, рыбоводов, нерестилищ или в виде денежнои компенсации

Ущерб сельхозугодьям на поймах оценивают специальными расчетами по справкам райисполкомов, компенсируют отводом и распашкой новых земельных участков.

Попавшие в зону подтопления или размыва инженерные сооружения и объекты здравоохранения и спортсооружения, переходы трубопроводов, ЛЭП, водозаборы, пляжные зоны, пионерлагеря, водные станции и т. д., подлежат защите, реконструкции или выносу за счет сметы мостового перехода.

9. При осуществлении авторского надзора необходимо обеспечивать контроль за выполнением строителями работ по очистке русла и пойм от временных и вспомогательных сооружений, используемых при возведении мостового перехода, благоустройству стройплощадки и грунтовых карьеров, планировке и рекультивации земель.

15.2. Экологические аспекты при пересечении пойменных массивов

1. При проектировании мостовых переходов необходимо прогнозировать взаимодействие пойменного потока с подходными насыпями с целью разработки мероприятий по обеспечению незаболачивания пойменных массивов—обособленных друг от друга руслом или протоками участков пойм.

2. На участках пересечения пойменных массивов в полевых условиях следует выяснить режимы их затопления и опорожнения в бытовых условиях.

Желательно в период изысканий получить подробный план пойменного массива с имеющимися на нем рукотворными объектами и с высотой и плановой привязкой прирусловых валов* и прорв.

3. В паводок в пойменном массиве наблюдается законченный гидравлический цикл: затопление массива из русла реки, транзитный поток по пойменному массиву и опорожнение его в русло реки на спаде.

Характер затопления и опорожнения пойменных массивов связан с их рельефом и ситуационными особенностями, которые в значительной мере определяются русловым процессом [4].

Обычно затопление происходит с двух сторон—через прорвы (рис. 15.1) в системах узких дугообразных гряд, именуемых гривами, и в береговых валах (при свободном меандрировании) или через пониженные места массивов (незавершенное меандрирование).

При указанных модификациях меандрирования русел возможно затопление пойменного массива с верховой, а при ограниченном меандрировании—с низовой стороны.

В этом случае переливной участок пойменного берега (рис. 15.2) наращивается за счет слоя «наилка», а сливной, через который стекает вода почти чистая от наносов, постепенно понижается.

При устройстве подходной насыпи без водопропускных сооружений пойменный массив со стороны переливного участка будет заболачиваться.

Практически не подвержены одностороннему подтоплению пойменные массивы при пойменной многорукавности; их затопление происходит с верховой и с низовой сторон через постоянные и временные протоки, через которые происходит и опорожнение.

---

* Береговые или прирусловые валы—это вытянутые вдоль берега образования на реках, являющиеся результатом волновой деятельности

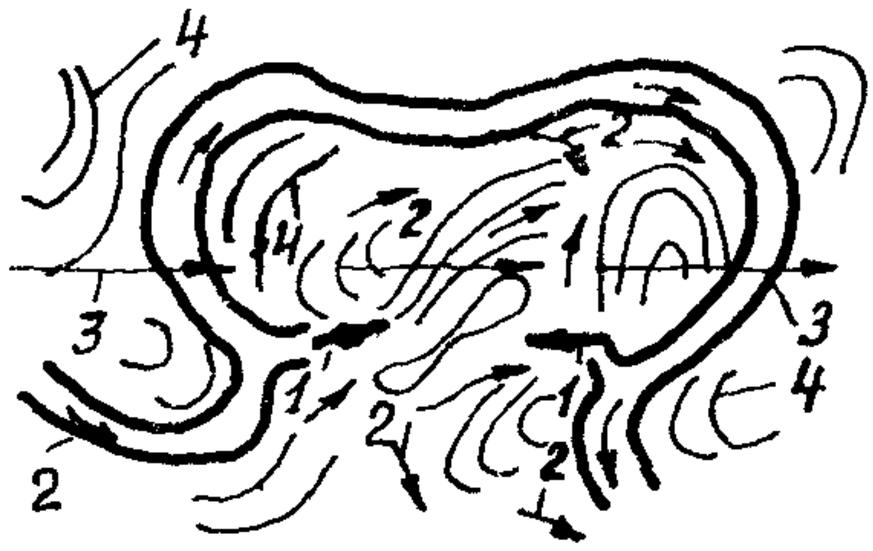


Рис 15 1. Двустороннее затопление пойменного массива при свободном меандрировании

1—направление течений при затоплении пойм, *2*—то же в руслах и транзитные разобщенные *3*—то же транзитные спрямляющие, *4*—старые прирусловые валы

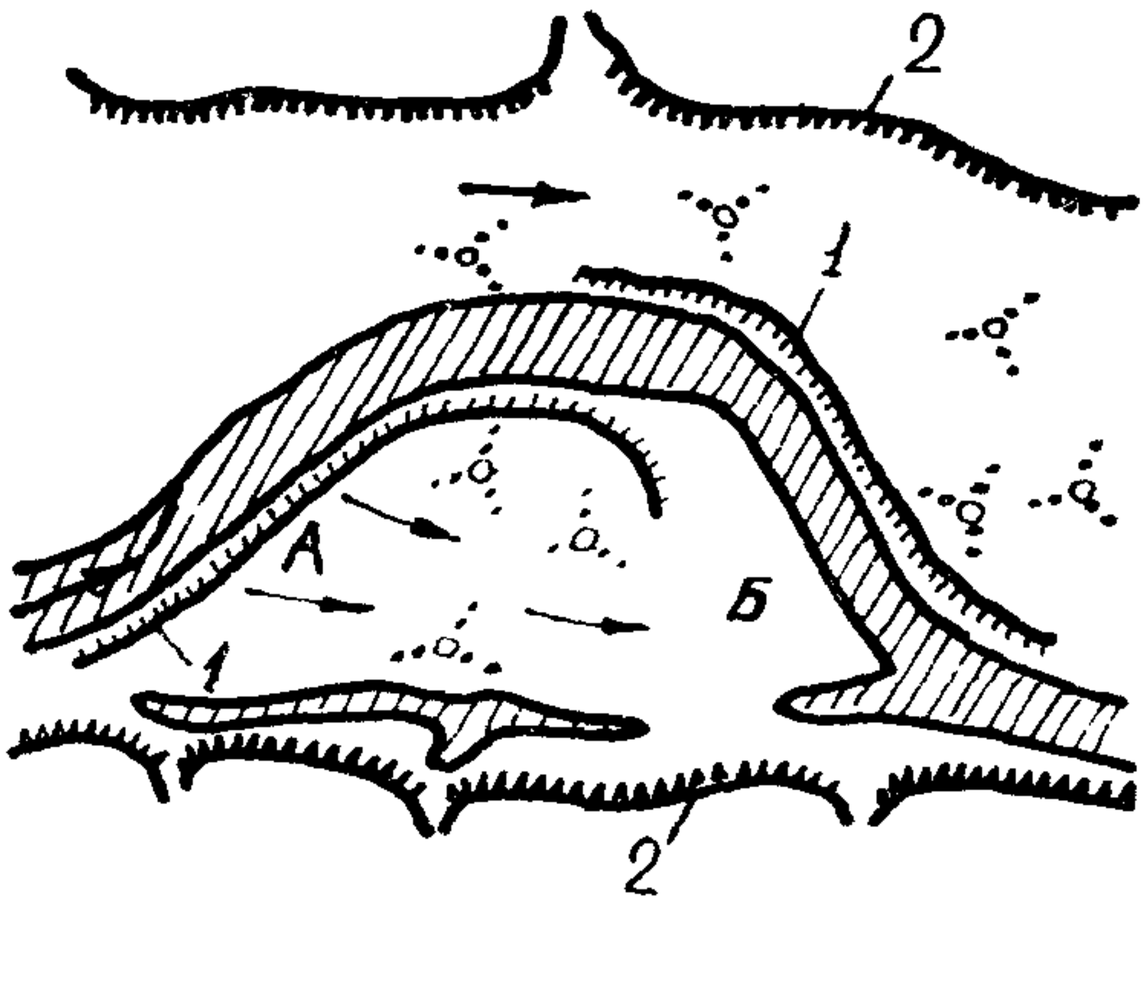


Рис 15 2 Одностороннее затопление пойменного массива:

1—пойменные берега, *2*—коренные берега, А—переливной участок пойменного берега, Б—то же сливной

4. Водопропускные сооружения в комплексе мостовых переходов на пойменных массивах устраивают через протоки (при пойменной многорукавности) с целью обеспечения судоходства и рыбохозяйственной деятельности, а также стока воды после паводка, когда в бытовых условиях происходило одностороннее затопление. В последнем случае неблагоприятные условия работы водопропускного сооружения могут возникнуть при уровнях воды ниже расчетных на подъеме паводка.

5. Пойменные массивы с односторонним подтоплением затапливаются на пике паводка также и из русла реки через прирусловые валы. Поэтому на спаде уровня малые водопропускные сооружения могут не справляться с выпуском воды из пазухи, заболачивая участок.

Частичная срезка прирусловых валов в ряде случаев позволит обеспечить сток воды с таких пойменных массивов без устройства дополнительных сооружений в подходной насыпи.

15.3. Требования, предъявляемые к проектированию карьеров

1. Карьер представляет собой выемку в русле или на пойме реки, создаваемую землеройной техникой специально с целью добычи речного аллювия как строительного материала.

2. Устройство карьеров в русле (или пойме) приводит в общем случае к изменениям режима на значительном расстоянии от места добычи как на самой реке, так и на ее притоках. При этом происходит: снижение уровней воды, увеличение уклонов водной поверхности, рост скоростей течения, увеличение расхода влекомых наносов, снижение отметок дна, изменение планового положения русла, снижение положения депрессионных кривых в толще склоновых и пойменных террас, активизация оползневых явлений.

3. Результатом изменений режима реки, как правило, является разрушение или снижение устойчивости сооружений в речной долине, обсыхание корневой системы растений на пойме и склонах долин и, как следствие, снижение продуктивности сельскохозяйственных угодий, разрушение рыбных нерестилищ и зимовальных ям, понижение дебитов скважин и колодцев, нарушение однородности и репрезентативности гидрологической информации и т. д

4. По характеру воздействия на речной поток русловые карьеры подразделяются на малые и большие (рис. 15.3). В малых карьерах всю площадь продольного сечения выемки занимает водоворот, и снижение уровня вблизи верхового откоса практически не происходит; объем карьера не превышает объема годового естественного стока влекомых наносов.

По месту расположения в речной долине карьеры подразделяются на русловые и пойменные.

В больших карьерах водоворотные области возникают только за верховыми откосами и перед низовым откосом выемки, а по дну карьера между водоворотами наблюдается транзитное течение. Объем больших карьеров превышает объем годового стока влекомых наносов.

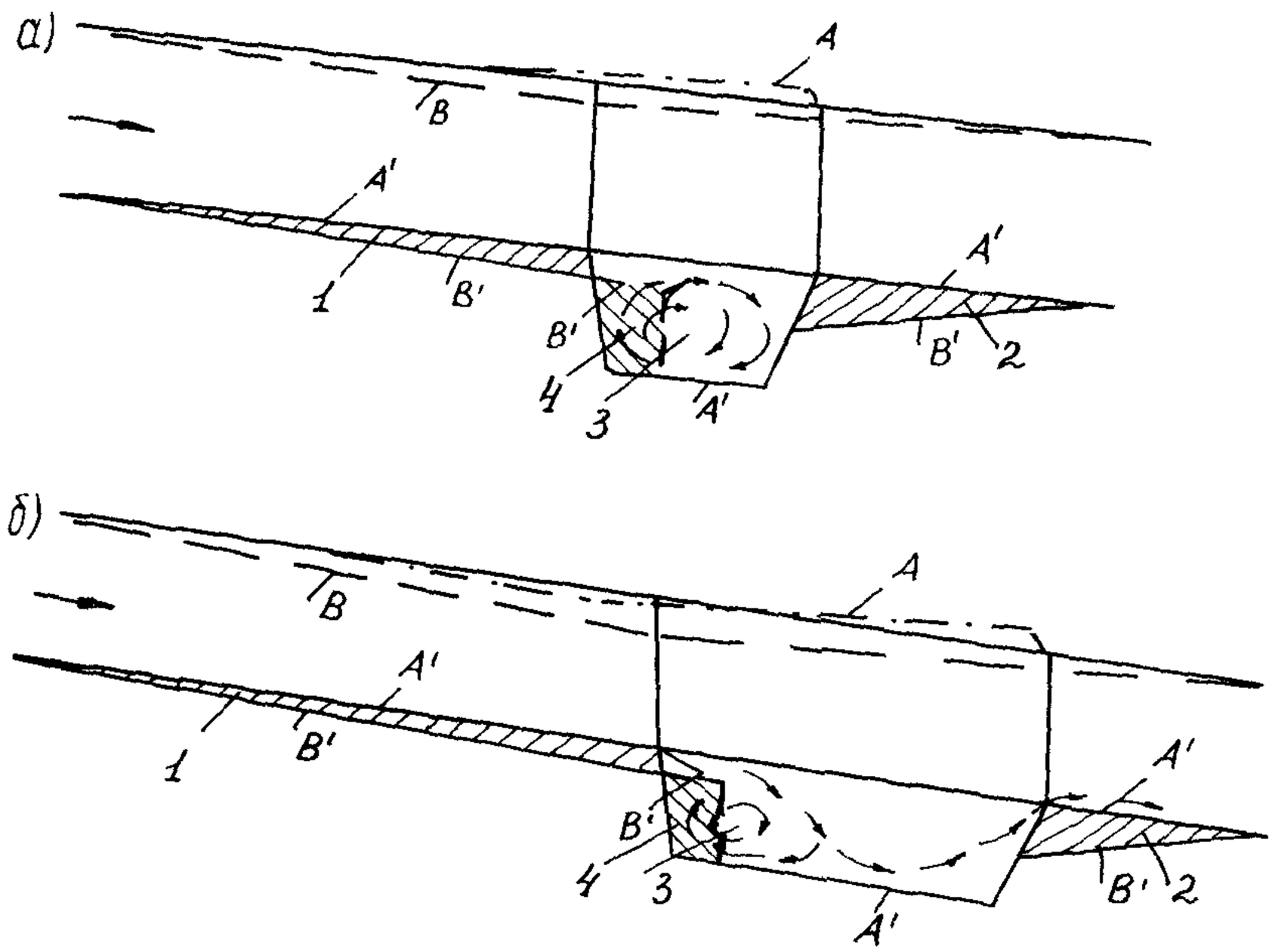


Рис 15 3 Общие схемы деформаций дна русла и изменения уровня воды в зоне влияния (*а*) малого и (*б*) большого карьеров:

А, А′—положение водной поверхности и дна до устройства карьера; В, В′—то же при наличии карьера, *1*—зона понижения отметок дна (врезания) русла; *2*—зона размыва русла, *3*—водоворотная зона, *4*—зона размыва карьера

Малые русловые карьеры, не изменяющие существенным образом плановую кинематическую структуру речного потока и режим деформаций русла, не приводит к изменениям определяющих факторов руслового потока и к нарушению естественного экологического баланса в бассейне реки.

Следует избегать устройства больших карьеров, поскольку они являются, как правило, причиной существенного нарушения определяющих факторов руслового процесса.

5. При выборе на реках мест размещения карьеров и назначении защитных мероприятий должны быть максимально сохранены морфологические черты участка и условия протекания естественных гидрологических процессов.

Проектирование карьеров должно вестись на основании специальных гидрологических изысканий.

При наличии сложной морфологической ситуации и сложной системы защитных сооружений или особо крупных карьеров для обоснования проектов необходимо предусматривать проведение исследований на гидравлических и математических моделях участка реки.

В проектах особо крупных карьеров при сложной морфологической ситуации на участке реки необходимо предусматривать проведение натурных наблюдений и обследований в течение всего периода их эксплуатации и не менее 10 лет после окончания этого периода.

6. Проектирование карьера сводится к:

выбору места размещения и его размеров;

расчету верхней и нижней по течению зон влияния карьера;

совместному расчету кривой свободной поверхности потока и деформаций русла;

расчету заносимости карьера.

7. В части технологии разработки выемки решают следующие вопросы:

оценка количества карьеров на участке с расчетом расстояний между ними, оценка объемов выемки аллювия;

выбор времени отработки карьера применительно к гидрологическому циклу реки;

установление технологической схемы производства работ по выборке аллювия—определение места начала и конца производства работ, типа механизмов, их количества и др.

Обязательным требованием к проектированию карьера должна быть разработка мероприятий по максимально возможному предотвращению снижения уровней и деформаций русла на характерных участках влияния карьера [67].

При проектировании карьера и назначении защитных мероприятий следует учитывать, что за все время его существования (от начала разработки до полного занесения) снижение уровня не должно превышать возможных величин естественных снижений уровня (например, при спрямлении излучин) или 0,1 м. Тем самым сохраняется естественный режим протекания потока в русле.

8. В нижних бьефах гидроузлов карьеры размещать нецелесообразно. В исключительных случаях их можно размещать ниже зоны недельного регулирования стока с учетом деформаций русла. Наиболее предпочтительным в этом случае являются пойменные карьеры.

При наличии водохранилищ карьеры рекомендуется размещать в средней и нижней частях зоны выклинивания подпора.

9. Малые русловые карьеры, объем которых меньше естественного годового стока влекомых наносов и разработка которых не требует проведения защитных природоохранных мероприятий, следует размещать таким образом, чтобы они не вызывали заметного нарушения режима потока и русловых деформаций.

Размещение карьеров не рекомендуется на участках главной реки в местах впадения притоков.

10. Размещение карьеров на реках с меандрирующими руслами следует производить в низовой части пляжа у выпуклого берега излучины (рис. 15.4). Пляж в этом месте разрабатывают не на всю ширину; необходимо, чтобы карьер был отделен от плеса неразработанной частью пляжа—узкой косой.

На завершающей стадии развития излучины карьер следует размещать в старом отмирающем главном русле, которое необходимо отделить от нового основного русла искусственными дамбами.

Разработку месторождений на пляжах выпуклых берегов излучин можно вести путем устройства на них поперечных прорезей (см. рис. 15.4, *б*). Их глубина может быть равной глубине плесовой ложбины. Ширина прорези по дну рекомендуется равной

$$в_{п} = 5h_{пл,max},$$

где $h_{пл,max}$—глубина в плесе при прохождении расхода в бровках берегов. Расстояние между бровками склонов соседних прорезей на верховой части пляжа принимают равным 10 $h_{пл,max}$, на низовой части пляжа—5 $h_{пл,max}$

Не следует размещать карьеры на перекатах вблизи мест перегиба средней линии русла.

11. При ленточногрядовом типе руслового процесса рекомендуется размещать карьеры у берегов русла в шахматном порядке. При этом карьер не должен занимать больше половины ширины меженного русла реки (см. рис. 15.4, *в*).

Длину карьера по дну следует принимать равной

$$в_{к} \approx 10h_{ср,меж},$$

где $h_{ср,меж}$—средняя глубина меженного потока.

Глубина в карьере не должна быть более $(4 \div 5)\ h_{ср,меж}$, а расстояние между карьерами не менее $(4 \div 5)\ в_{к}$.

12. Карьеры в руслах рек побочневого типа следует размещать так, чтобы они охватывали половину длины плеса и половину примыкающего к плесу склона побочня. По длине участка карьеры располагают у противоположных берегов в шахматном порядке (см. рис. 15.4, *г*).

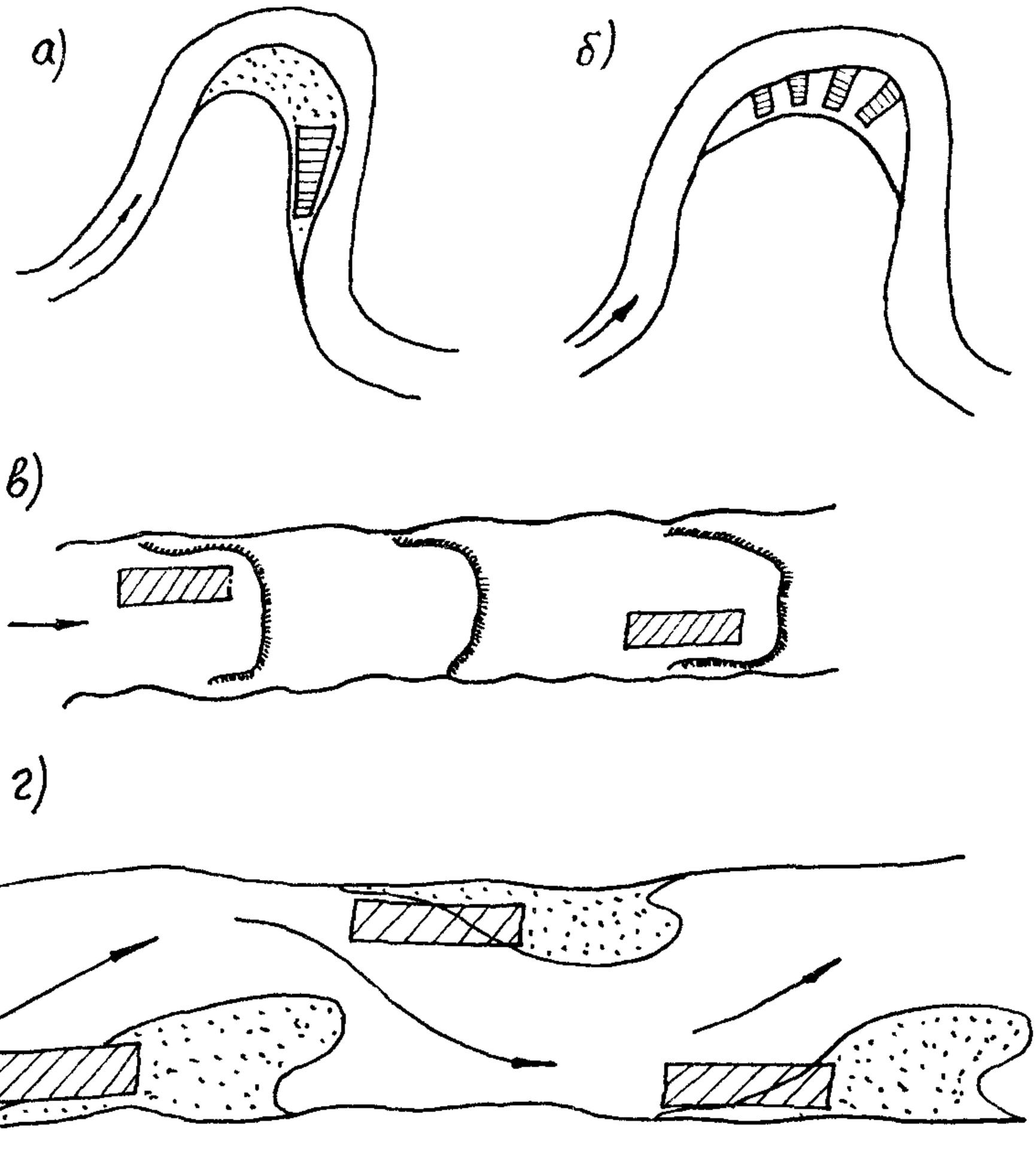


Рис. 15.4. Схема размещения карьеров:
а, *б*—свободное и незавершенное меандрирование; *в*—ленточногрядовый *г*—побочневый тип руслового процесса

Размеры карьеров следует принимать согласно п. 11, при этом ширина карьера не должна превышать одну треть ширины меженного русла реки.

13. При русловой многорукавности карьеры следует располагать во второстепенных протоках, не определяющих гидравлические условия на участке, и на отдельных осередках. Размещать карьеры надо таким образом, чтобы были сохранены местные базисы эрозии (должны быть затоплены гребни гряд). Глубину карьера следует выбирать в соответствии с п. 11. Ширина карьера не должна превосходить половину ширины осередка.

14. На участках рек с пойменной многорукавностью карьеры следует размещать во второстепенных протоках. Разработка этих протоков выполняется таким образом, чтобы не нарушалось существующее перераспределение стока воды и наносов и чтобы эти протоки не превращались в основное русло реки.

При размещении карьеров в основных пойменных протоках необходимо прежде выделить типы руслового процесса, которые на них развиваются, и затем, согласно п. 10—13, определить там место размещения карьера.

15. Размещение больших русловых карьеров производят в соответствии с рекомендациями, изложенными в п. 10—13, и должно сопровождаться проведением мероприятий по предотвращению негативного воздействия на гидрологический и русловой режим реки.

С целью уменьшения снижения уровней воды размеры карьеров и места их расположения выбирают так, чтобы не изменялись местные базисы эрозии (гребни перекатов, выходы трудноразмываемых пород), определяющие положение кривой свободной поверхности потока.

Наиболее благоприятными местами размещения карьеров являются углубленные участки русла реки, ограниченные сверху и снизу по течению выходами трудноразмываемых пород или перекатами.

16. При расположении карьера на мелководном участке русла (пляж, побочень и т. д.) вызванное выемкой падение уровня воды может быть компенсировано восстановлением указанных русловых образований за счет поступления наносов с вышерасположенного участка реки. При этом должен быть составлен график разработки карьера и (с помощью балансовых методов расчета) поступления в него наносов.

17. Для уменьшения падения отметок уровня воды и дна русла под влиянием карьера рекомендуется устраивать искусственные местные базисы эрозии (донные пороги, затопленные шпунтовые стенки и др.) или возводить береговые стесняющие поток сооружения (шпоры, полузапруды, каменную отсыпку на откосах берегов и др.). Эти защитные мероприятия должны проводиться одновременно с разработкой карьеров или опережать их разработку.

18. При размещении больших карьеров в многорукавном русле возможен прорыв перемычек и переход главного русла на разрабатываемый участок реки. Подобный процесс может привести к существенному падению уровня воды и усилению деформаций русла.

Во избежание указанных переформирований рекомендуется отделять такие большие карьеры от основного русла реки и пойменного потока дамбами (запрудами).

При проектировании таких дамб (запруд) необходимо:

рассчитать пропускную способность русла на участке строительства запруды и подобрать ее отметку таким образом, чтобы расход через разрабатываемый рукав в период прохождения расходов в бровках берегов не изменился (запруда должна лишь компенсировать увеличение пропускной способности рукава при его разработке. Распределение же расходов по рукавам реки в период руслоформирования должно быть сохранено);

с целью исключения обхода запруды следует предусмотреть ее врезку в пойменные берега;

определить максимальные скорости потока на участке запруды с целью выбора способа ее крепления.

19. При размещении карьеров на поймах необходимо выявить:

к какой группе (современные или унаследованные) относится пойма;

с каким типом руслового процесса связана современная пойма,

схемы течений и порядок затопления и опорожнения пойм меандрирующих рек и островных пойм.

Должен быть в наибольшей степени сохранен рельеф поймы, гидрологический режим, а также ход плановых и глубинных деформаций.

Карьеры на пойме рекомендуется размещать в аккумулирующих емкостях.

На поймах основных разновидностей меандрирования (ограниченного, свободного и незавершенного) карьеры следует размещать в низовой части пойменного массива.

Благоприятным местом размещения карьеров на реках являются пойменные участки в дельтах рек.

20. Во всех случаях размещения карьеров в пределах пойм и пойменных островов они должны быть изолированы от руслового потока (может быть оставлен лишь узкий проход для добычной техники и транспортного флота). Изоляция карьеров от руслового потока может быть достигнута путем строительства ограждающих дамб (которые не должны стеснять пойменный поток и вызывать изменение характера деформаций русла) или путем сохранения целиков—незатронутых разработкой участков береговой полосы.

Дамбы и целики должны быть закреплены против воздействия льда и размыва потоком при переливе через них воды при высоких уровнях. Они не должны подвергаться размыву в результате естественного хода деформаций русла, что обеспечит полную изоляцию карьера от руслового потока за все время существования карьера.

21. Обязательными разделами в каждом разделе проекта должны быть:

оценка загрязнения водоема взвешенными частицами грунта при добыче нерудных строительных материалов;

мероприятия по предотвращению загрязнения водотоков хозяйственными и бытовыми стоками и сухим мусором;

рыбоохранный раздел.

Оценка загрязнения взвешенными частицами сейчас производится по методике [86], положения которой вызывают серьезные возражения.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 2 1

Термины ледовых образований и явлений на реках

Битый лед—представляет собой льдины неправильной формы и различной крупности, образующиеся при разломе заберегов, ледяных полеи Характерные размеры льдин в плане, м

крупнобитый лед	20—100
мелкобитый	2—20
куски льда	0,5—2,0

Под воздействием тепла и притока воды происходят процессы разрушения ледяного покрова и вскрытие рек, сопровождающиеся перемещением льда вниз по течению—**ледоходом** Различают осенний ледоход, наблюдающийся перед осенним ледоставом, и весенний ледоход, наблюдающийся в период вскрытия В некоторых случаях ледоход наблюдается и зимой при вскрытии рек в период временных оттепелей или на незамерзающих участках реки при образовании **шуги**

Ледяная перемычка—короткий участок ледяного покрова на реке, образовавшийся в местах смыкания заберегов или вследствие остановки и смерзания плывущих льдин и шуги

Ледяные поля—отделившиеся участки ледяного покрова размером от 0,1 до 0 5 км и окруженные со всех сторон водой

Навалы льда—нагромождения льдин у берегов рек или гидротехнических сооружений, ооразующиеся под влиянием ветра и течения

Наледь—ледяное образование, возникающее в результате замерзания воды, выходящей через трещины на поверхность ледяного покрова вследствие уменьшения живого сечения реки при закупоривании его внутриводным льдом или при промерзании реки

Подвижка льда—небольшие перемещения ледяного покрова на отдельных участках рек

Полынья—оставшийся не покрытым льдом участок водной поверхности после установления ледяного покрова Различают полыньи гидромеханического происхождения, образующиеся в местах с быстрым течением (например, нижние бьефы ГэС), и теплового происхождения, образующиеся вследствие притока теплых грунтовых вод, промышленных стоков, подъема на поверхность придонных теплых слоев воды и т д При искусственнем удалении льда—**майна**

Снежура—снег, плавающий в воде в виде ледяных пластинок, зерен и их скоплении Снежура образуется в результате обильных снегопадов и представляет собой рыхлую, вязкую массу, внешне похожую на намокшую в воде вату

Шуга—находящийся в глубине потока или всплывший на поверхность внутр водныи лед Шуга своим происхождением обязана переохлажденной воде Всплывая она смешивается с ледяным **салом** (скопления на поверхности воды смерзающихся ледяных игл в виде гятен или тонкого слоя льда) и снежурой, образуя шуговои ковер

Шугоход—ледоход, в котором ледяные образования состоят преимущественно из шуги

Приложение 3 1

А К Т

„_____" _____ 199 г

Мы (я), нижеподписавшиеся _____

_____

опросили тов _____

_____ года рождения, проживающегс _____

_____

_____ о режиме реки _____

_____ в створе (районе) _____

_____

1. Общая характеристика весеннего половодья

Высокие уровни воды весеннего половодья наблюдаются

ежегодно (раз в _____ года и реже)

Половодье, как правило, начинается в _____ месяце

и длится _____ дней (недель)

Подъем уровня воды происходит за _____ дней, спад длится _____ дней

Уровень воды на пике держится _____ дней

Характеристика весенних половодий (границы затопления, скорости, происхождение, сопровождающие явления и условия погоды (оттепели, заморозки,

ветры, дожди, ливни и т д) _____

_____

_____

2. Ледоход

Весеннее половодье сопровождается (не сопровождается) ледоходом Примерная толщина льда _____ м Размер льдин равен _____ м Ледоход проходит на фазе подъема уровня, ниже пика на _____ м (на пике)

Ледоход проходит в пределах главного русла (а также по пойме) _____

_____

Характеристика ледохода (интенсивность, длительность, льдины остаются (не остаются) на пойме, лед армирован (не армирован), озерный (не озерный),

тает на месте (не тает на месте), уровня подвижек льда _____

_____

О заторах льда _____

3. Паводки

Кроме весенних половодий, на реке наблюдаются летние (осенние) паводки, уровни которых выше (ниже, равны) уровням весенних половодий

Паводки происходят вследствие сильных ливней (затяжных дождей) Подъем уровня воды в реке начинается спустя ——— часов (дней) после начала ливня (затяжного дождя) Спад уровня завершается спустя ——— часов (дней) после прекращения ливня (затяжного дождя) На пике уровень держится ——— часов (дней)

Паводки наблюдаются в ——— месяцы

Характеристика состояния потока скорости, движения валунов и камней по дну

---

4. Наблюдавшиеся высшие уровни воды

Самый высокий уровень наблюдался в ——— году, в ——— месяце ——— числа Подъем воды начался ——— часов и продолжался ——— На пике уровень держался до ——— часов, затем наступил спад, который длился ——— часов Паводок (половодье) произошел в результате ливня (затяжного дождя, таяния снега)

Характеристика условий погоды и сопровождающих явлений

Вода доходила до ———

Описание точек, которые наносятся на схему ———

Кроме указанного уровня, высокие уровни наблюдались в ——— годах ———

В текущем ——— году максимальный уровень воды наблюдался ——— месяце ——— числа и дошел до ———

Тов _____ указаны точки УВВ

_____ года с отметкой _____

_____ года с отметкой _____

_____ года с отметкой _____

_____ года с отметкой _____

_____ года с отметкой _____

_____ года с отметкой _____

5. Меженные уровни

Уровень летней межени выше (ниже) на _____ м, настоящего уровня _____, а зимой выше (ниже) на _____ м _____

_____

6. Прохождение шуги

Осенью (в начале зимы) наблюдается (не наблюдается) шугоход, который сопровождается подъемом уровня воды в реке _____

_____

7. Ледостав

Ледостав наступает в _____ месяце и длится до _____ месяца. Уровень ледостава выше (ниже, равен) летней (зимней) межени.

8. Прочие явления (о промерзании, просыхании, размывах, перемещении русла и русловых форм, прорывах плотин, условия сплава и судоходства, пр)

_____

_____

О карчеходе. Размеры отдельно плывущих деревьев, частей сорванных мостов и строений, копен и т д _____

_____

_____

Опрос *произвел* _____

Акт принял: *начальник партии* _____

Схема точек УВВ прилагается

Нивелировку точек УВВ *произвел* _____

в журнале _____ № _____

_____

дата подпись

Приложение 3 2

ПРИМЕР

оформления чертежей морфометрических работ (см вклейку)

Приложение 3 3

КОЭФФИЦИЕНТЫ

шероховатости *n* естественных русел, каналов и пойм

Таблица 1

Характеристика водотока	Значение коэффициента шероховатости естественных русел и пойм по М Ф Срибному
Естественные русла в весьма благоприятных условиях (чистое, прямое, незасоренное, земляное со свободным течением)	0,025
Промежуточное значение между предыдущей и следующей категориями, часто применяемое в практике, галечные и гравиные русла при словесной характеристике их, совпадающей с предыдущей категорией	0,0285
Русла постоянных водотоков равнинного типа (преимущественно больших и средних рек) в благоприятных условиях состояния ложа и течения воды	0,030
Периодические потоки (большие и малые при очень хорошем состоянии поверхности и формы ложа)	0,033
Сравнительно чистые русла постоянных равнинных водотоков в обычных условиях, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни)	0,040
Правильные хорошо разработанные галечные русла горных рек (в нижнем течении) Земляные русла периодических водотоков (сухих логов) в благоприятных условиях	0 040
Русла больших и средних рек значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые с неспокойным течением	0,050
Периодические (ливневые и весенние) водотоки, несущие во время паводка значительное количество наносов, с крупногалечным или покрытым растительностью ложем	0,050
Поймы больших и средних рек, покрытые нормальным количеством растительности (травы, кустарники)	0,050
Русла периодических водотоков сильно засоренные и извилистые Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья, с наличием заводей)	0,067
Порожистые участки равнинных рек Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала	0,067
Реки и поймы значительно заросшие (со слабым течением), с большими глубокими промоинами	0,080

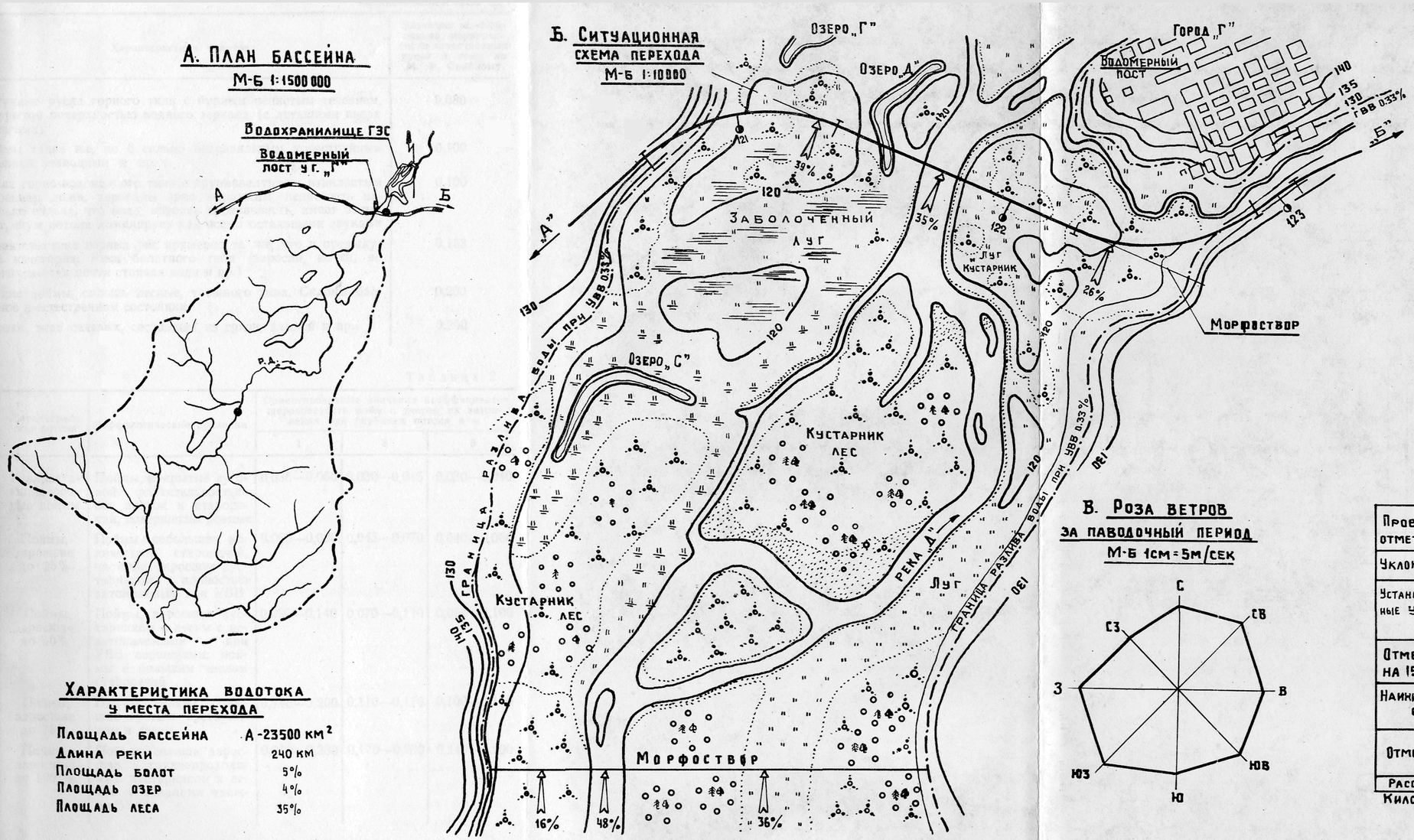
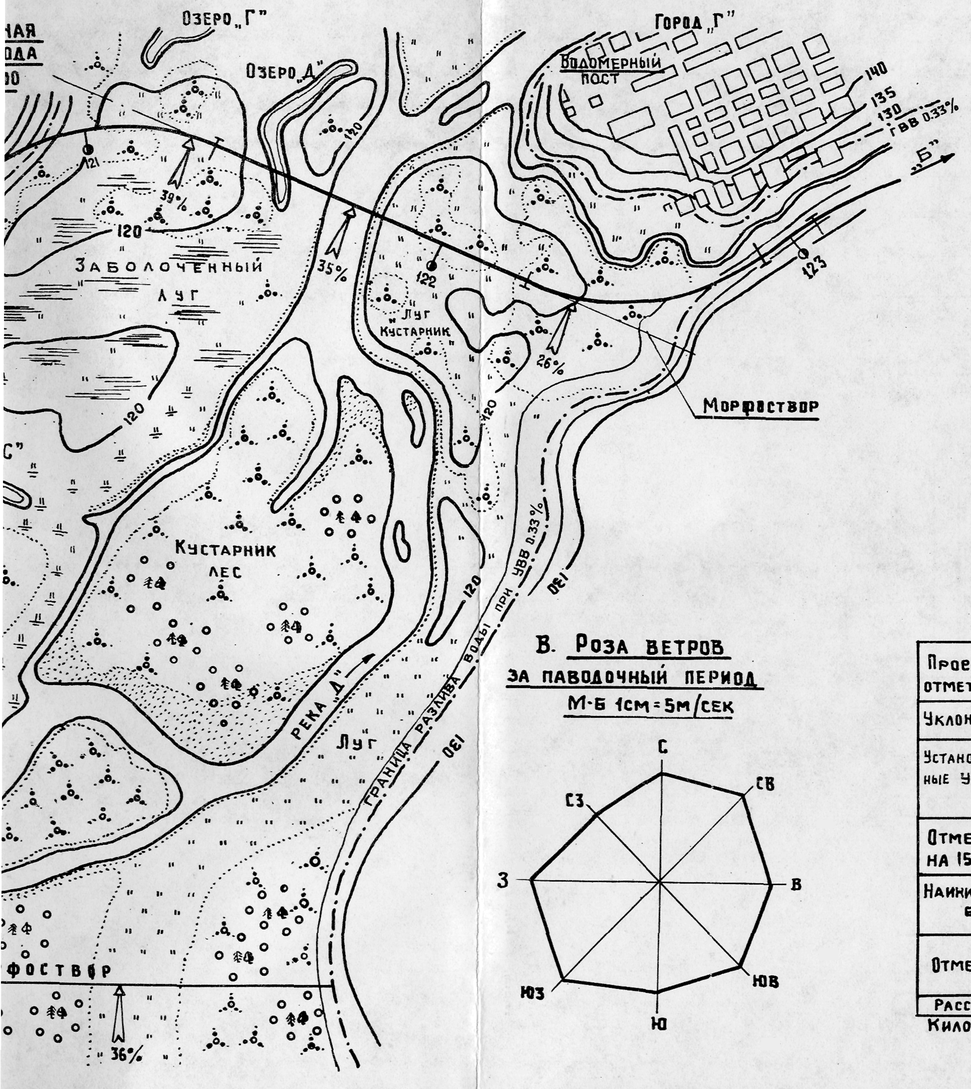


Рис. Пример оформления чертежей морфометрических работ: *А*—план бассейна; *Б*—ситуационная схема перехода; *В*—Роза ветров; *Г*—продольный профиль реки; *Д*—зависимости расхода и средней скорости течения воды для морфоствора выше оси перехода на 3100 м

Зак. 5606, стр. 344—345.



В. Роза ветров

За паводочный период

М-б 1см = 5м/сек

Г. Продольный профиль реки

М-бы гориз 1:20000
верт 1:200

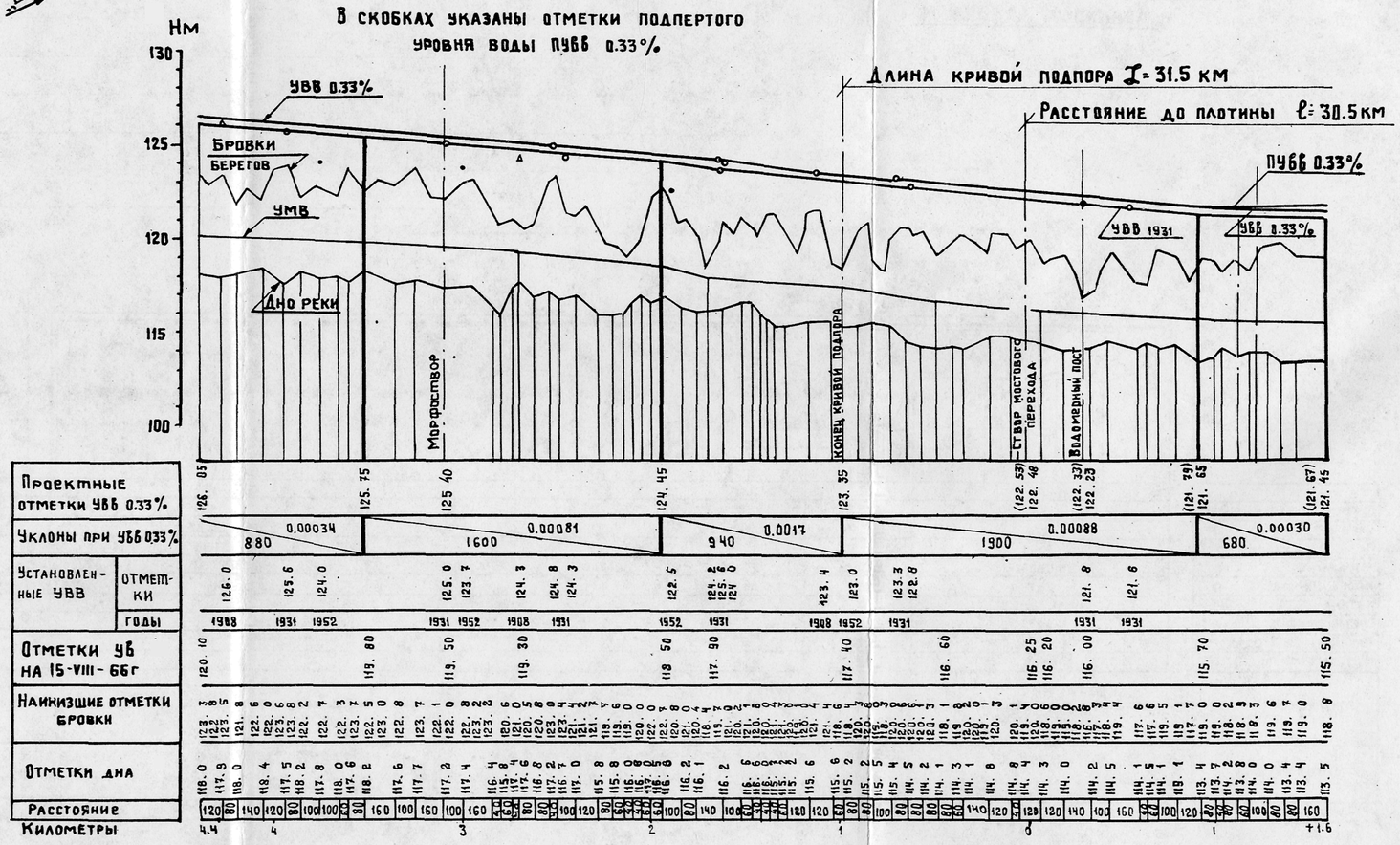
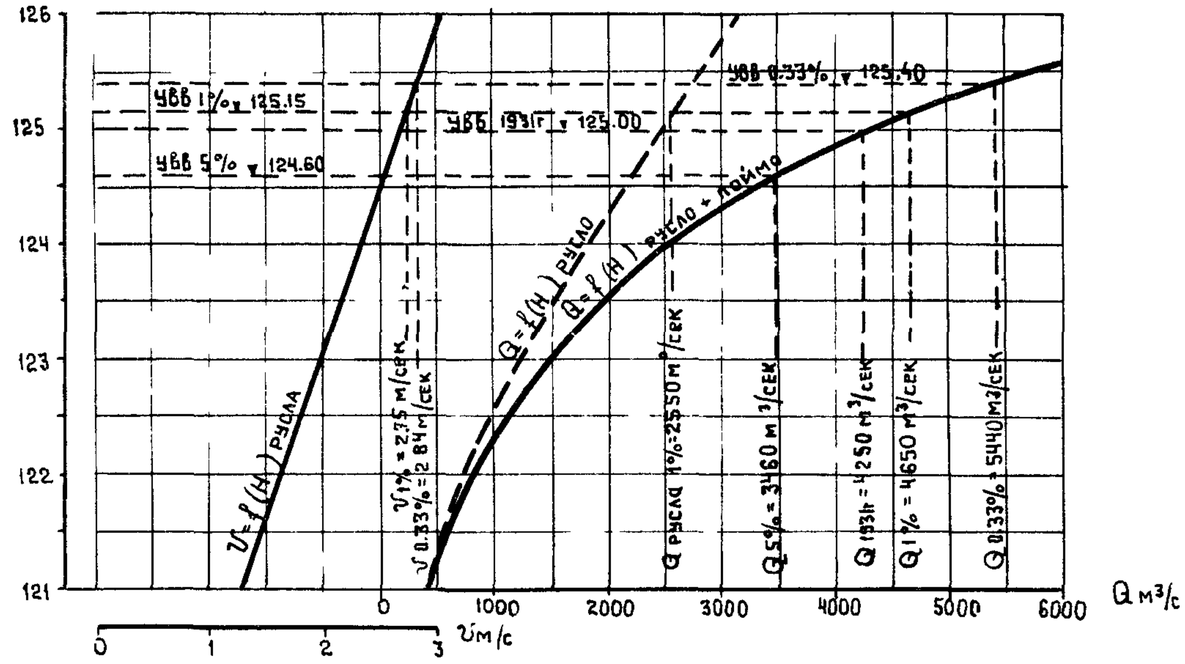
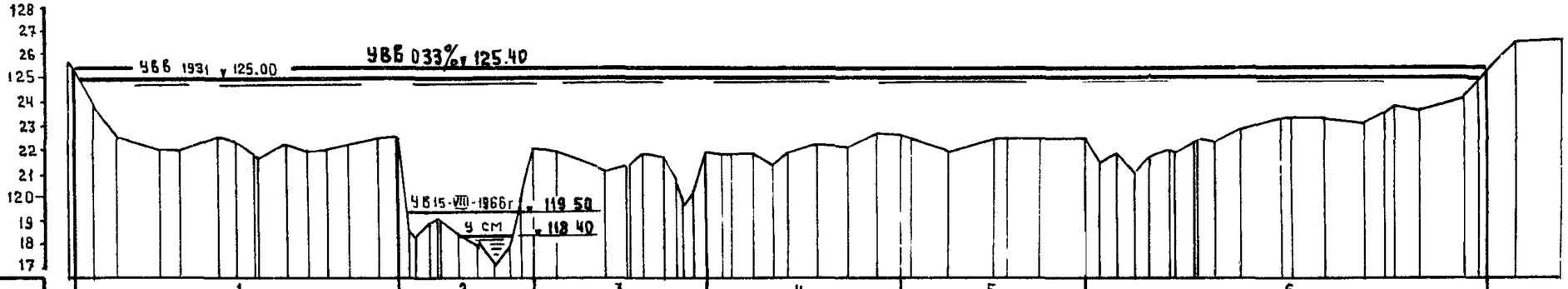


Рис. Пример оформления чертежей морфометрических работ: *А*—план бассейна; *Б*—ситуационная схема перехода; *В*—Роза ветров; *Г*—продольный профиль реки; *Д*—зависимости расхода и средней скорости течения воды для морфоствора выше оси перехода на 3100 м

Д. Зависимости расхода и сред скорости течения воды для морфоствора выше оси перехода на 3100 м.





NN участков	1	2	3	4	5	6
Ширина участка Вм	350	145	185	205	225	425
Средняя глубина Нср	2.86	6.40	4.00	3.34	3.12	2.36
Площадь сечения ω м²	1000	930	740	680	610	1000
Уклон i	0.00081	0.00081	0.00081	0.00081	0.00081	0.00081
Коэф. шероховат n	0.074	0.034	0.08	0.14	0.053	0.15
Косина потока cos α	Косины нет	Косины нет		Косины нет		
Средняя скорость $V_{0.33\%}$ м/с	0.80	2.84	0.89	0.45	1.14	0.33
Расход $Q_{0.33\%}$ м³/с	800	2640	660	310	700	330
% % от суммарн $Q_{0.33\%}$	15	48	12	6	13	6
Ситуация	Кустарник	Галька с	Редкий	Редкий лес	Луг	Редкий лес
	Кустарник	Гравием	Лес	Густой кустарник	Луг	Густой кустарник
Отметки земли	125.80 123.80 122.50	122.00 122.00 122.50 122.40 121.76 121.60	122.20 122.00 122.00 122.27	122.60 122.60 118.60 118.40 118.40 118.40 118.40 118.00	121.00 121.33 121.40 121.80 121.70 121.60 121.60 121.74 121.70	122.00 122.20 122.70 122.70 122.56 122.00
Расстояния	25 25 45	20 40 20 20 30	20 20 25 30	20 15 15 20 20 15 15 25	25 50 25 25 20 15 20 15 15 25 20 15 30 35	30 25 10 40 45 15 35 50
Пикеты	+95 7 6 5	5 4	3 2	1 0	1 2	3 4 5 6 7 +85

Продолжение табл. 1

Характеристика водотока	Значение коэффициента шероховатости естественных русел и пойм по М. Ф. Срибному
Валунные русла горного типа с бурным пенистым течением, с изрытой поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами)	0,080
Поймы такие же, но с сильно неправильным косоструйным течением, заводями и пр.	0,100
Русла горно-водопадного типа с крупновалунным извилистым строением ложа, перепады ярко выражены, пенистость настолько сильна, что вода, потеряв прозрачность, имеет белый цвет, шум потока доминирует над всеми остальными звуками	0,100
Характеристика горных рек примерно та же, что и предыдущей категории. Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.)	0,133
Глухие поймы, сплошь лесные, таежного типа. Склоны бассейнов в естественном состоянии	0,200
Потоки, типа селевых, состоящих из грязи, камней и пр.	0,200

Таблица 2

№ пп	Характеристика потока	Морфологические признаки	Ориентировочные значения коэффициентов шероховатости пойм с учетом их затопления при глубинах потока в м		
			1	3	5
1	Незарастающие ровные поймы	Поймы, покрытые луговой растительностью, без проток и староречий, совершенно ровные	0,035—0,060	0,030—0,045	0,030—0,040
2	Поймы, заросшие до 25%	Поймы с небольшим количеством староречий, частично заросшие кустарником, полностью затопляемым при УВВ	0,060—0,090	0,045—0,070	0,040—0,060
3	Поймы, заросшие до 50%	Поймы, заросшие кустарником и лесом с незатопляемыми при УВВ вершинами; поймы с большим числом староречий	0,090—0,140	0,070—0,110	0,060 –0,100
4	Поймы, заросшие до 75%	Поймы, сильно заросшие густым кустарником и лесом	0,140—0,200	0,110—0,170	0,100—0,140
5	Поймы, заросшие до 100 %	Поймы, сплошь заросшие труднопроходимым кустарником и лесом с завалами таежного типа	0,200—0,330	0,170—0,200	0,140—0,200

Таблица 3

Уклон водотока	Расход воды, м³/с	Характеристика грунтов ложа и реки	Значение коэффициента шероховатости русел по Н. М Носову
0,0005—0,001	<1000	Ил, песок	0,022
	>1000	Мелкий гравий	0,028
0,001—0,01	<200	Гравий	0,029
		Галька	0,035
		Галька и валуны. Река в глубоком каньоне или ущелье зажата между скалами	0,043
0,001—0,01	>200	Гравий и галька	0,031
		Галька с валунами	0,041
		Галька и валуны. Река в глубоком каньоне или ущелье зажата между скалами	0,053
0,01—0,02	<100	Гравий и галька	0,038
		Галька и валуны	0,048
0,01—0,02	>100	Гравий и галька	0,048
		Галька и валуны	0,058
0,02—0,04	<50	Галька	0,058
		Валуны	0,067
0,02—0,04	>50	Галька	0,067
		Валуны	0,078
0,04—0,08	—	Валуны и галька	0,092
		Обломки скал, валуны	0,112

Таблица 4

Характеристики растительности на поймах	Значения коэффициентов шероховатости по В. Т. Чоу
Пастбища без кустарника:	
низкая трава	0,025—0,035
высокая трава	0,030—0,050
Возделываемые площади:	
без посевов	0,020—0,04
созревшие рядовые посевы	0,025—0,045
созревшие сплошные посевы	0,030—0,05
Кустарники:	
отдельные кусты в высокой траве	0,035—0,07
редкие кусты и деревья, без листвы	0,035—0,06
то же, с листвой	0,040—0,08
кустарник средней и большой густоты, без листвы	0,045—0,110
то же, с листвой	0,070—0,160

Продолжение

Характеристики растительности на поймах	Значения коэффициентов шероховатости по В Т Чоу
Деревья:	
густой ивняк	0,110—0,200
очищенная территория с древесными пнями без поросли	0,030—0,050
то же с развивающейся порослью	0,050—0,080
тяжелые застрявшие стволы поваленных деревьев, небольшой подлесок, УВВ ниже ветвей	0,080—0,120
то же, но УВВ затопляет ветви	0,100—0,160

Таблица 5

Тип канала	Коэффициенты шероховатости земляных каналов, разработанных экскаваторами и землечерпалками
Земляные однородные и прямолинейные:	
чистые, недавно завершенные	0,016
чистые, после выветривания	0,022
чистые, в однородном гравии	0,025
с короткой травой, редкими водорослями	0,027
Земляные, криволинейные с медленным течением.	
без растительности	0,025
с травой и небольшим количеством водорослей	0,030
с густыми водорослями или водной растительностью в глубоких руслах	0,035
с земляным дном и откосами, укрепленными рваным камнем	0,030
с каменным дном и заросшими берегами	0,035
с каменным дном, укрепленным булыжником и чистыми откосами	0,040
Земляные каналы, разработанные экскаватором или землечерпалкой:	
без растительности	0,028
с незначительным кустарником по берегам	0,050
Каналы в скальной породе:	
гладкие и однородные	0,035
неровные и неоднородные	0,040
Каналы без технического обслуживания, заросшие водорослями и кустарником:	
густые водоросли высотой, равной глубине потока	0,03
чистое дно, кустарник на откосах	0,05
то же при высоком уровне воды	0,07
густой кустарник, высокий уровень воды	0,10

Таблица 6

Глубина потока, м	Коэффициент Шези по Г. В. Железнякову C, $м^{0,5}/с$, при коэффициентах шероховатости n								
	0,015	0,020	0,025	0,030	0,040	0,050	0,080	0,10	0,20
1,0	66,7	50,0	40,0	33,3	25,0	20,0	12,5	10,0	5,00
1,2	68,2	51,4	41,3	34,5	26,1	21,0	13,3	10,8	5,56
1,4	69,4	52,6	42,4	35,6	27,1	21,9	14,1	11,4	6,07
1,6	70,5	53,6	43,4	36,5	27,9	22,7	14,8	12,1	6,55
1,8	71,5	54,5	44,3	37,4	28,7	23,4	15,4	12,6	7,00
2,0	72,4	55,4	45,1	38,1	29,4	24,1	16,0	13,2	7,43
2,5	74,3	57,1	46,8	39,8	31,0	25,6	17,2	14,4	8,41
3,0	75,8	58,6	48,2	41,1	32,2	26,8	18,3	15,4	9,28
3,5	77,1	59,9	49,4	42,3	33,3	27,8	19,3	16,3	10,1
4,0	78,3	61,0	50,5	43,3	34,3	28,8	20,2	17,1	10,8
4,5	79,3	61,9	51,4	44,2	35,2	29,6	20,9	17,9	11,5
5,0	80,2	62,8	52,2	45,1	36,0	30,4	21,6	18,6	12,1
5,5	81,0	63,6	53,0	45,8	36,7	31,1	22,3	19,2	12,7
6,0	81,8	64,4	53,7	46,5	37,4	31,7	22,9	19,8	13,2
6,5	82,5	65,0	54,4	47,2	38,0	32,3	23,5	20,4	13,8
7,0	83,1	65,6	55,0	47,8	38,6	32,9	24,0	21,0	14,2
7,5	83,7	66,2	55,6	48,3	39,1	33,4	24,5	21,4	14,7
8,0	84,3	66,8	56,1	48,8	39,6	33,9	25,0	21,9	15,2
8,5	84,8	67,3	56,6	49,4	40,1	34,4	25,4	22,3	15,6
9,0	85,4	67,8	57,1	49,8	40,6	34,8	25,9	22,7	16,0
9,5	85,8	68,3	57,6	50,3	41,0	35,3	26,3	23,1	16,4
10,0	86,3	68,7	58,0	50,7	41,4	35,7	26,7	23,5	16,8
11,0	87,1	69,5	58,8	51,5	42,2	36,4	27,4	24,3	17,5
12,0	87,9	70,3	59,5	52,2	42,9	37,2	28,1	24,9	18,1
13,0	88,6	71,0	60,2	52,9	43,6	37,8	28,7	25,5	18,7
14,0	89,3	71,6	60,9	53,5	44,2	38,4	29,3	26,1	19,3
15,0	89,9	72,2	61,5	54,1	44,8	39,0	29,9	26,7	19,8
16,0	90,5	72,8	62,0	54,6	45,3	39,5	30,4	27,2	20,4
17,0	91,0	73,3	62,5	55,2	45,8	40,0	30,9	27,7	20,8
18,0	91,6	73,8	63,0	55,7	46,3	40,5	31,4	28,2	21,3
19,0	92,0	74,3	63,5	56,1	46,8	40,9	31,8	28,6	21,8
20,0	92,5	74,8	64,0	56,6	47,2	41,4	32,2	29,0	22,2

Приложение 34

ТАБЛИЦА

динамических скоростей потока $v_{динp\%}$ в руслах рек на пике паводка $p\%$ вероятности превышения

Средний диаметр частиц грунта, мм	Глубина потока, м											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
	$v_{дин1\%}$, м/с											
0,15	0,58	0,73	0,82	0,90	0,95	1,05	1,06	1,11	1,15	1,18	1,24	1,33
0,25	0,65	0,81	0,91	0,99	1,05	1,16	1,17	1,22	1,27	1,31	1,38	1,48
0,50	0,75	0,93	1,05	1,14	1,22	1,29	1,35	1,40	1,46	1,50	1,58	1,78
1,0	0,86	1,06	1,20	1,31	1,40	1,48	1,55	1,61	1,67	1,73	1,82	2,06
2,0	0,99	1,22	1,38	1,51	1,61	1,70	1,78	1,85	1,92	1,98	2,09	2,36
3,0	1,08	1,33	1,50	1,63	1,74	1,84	1,93	2,01	2,08	2,15	2,27	2,56
6,0	1,24	1,52	1,72	1,88	2,00	2,12	2,22	2,31	2,39	2,47	2,61	2,95
10,0	1,37	1,69	1,91	2,08	2,22	2,35	2,46	2,56	2,65	2,74	2,89	3,27
15,0	1,49	1,83	2,07	2,25	2,41	2,55	2,67	2,78	2,87	2,97	3,13	3,54
25,0	1,65	2,03	2,29	2,50	2,67	2,82	2,95	3,07	3,18	3,29	3,47	3,92
50,0	1,89	2,33	2,63	2,87	3,07	3,24	3,39	3,53	3,66	3,78	3,99	4,27
100,0	2,17	2,68	3,02	3,30	3,52	3,72	3,90	4,06	4,20	4,34	4,58	4,90
200,0	2,50	3,07	3,47	3,78	4,05	4,27	4,48	4,66	4,83	4,98	5,25	5,63
300,0	2,71	3,33	3,76	4,10	4,39	4,64	4,86	5,05	5,23	5,40	5,70	6,10

Примечание. Для получения динамической скорости потока $v_{динp\%}$ на пике паводка требуемой вероятности превышения $p\%$ табличные данные скоростей $v_{дин1\%}$ умножают на коэффициент β, равный

$p\%$ . .	0,33	1,0	2,0	4	10	20	30	50
β	1,07	1,0	0,97	0,92	0,86	0,81	0,77	0,72

Приложение 35

ХАРАКТЕРНЫЕ УРОВНИ

воды, *используемые при проектировании* мостовых переходов

№ пп	Наименование	Условные обозначения	Назначение
1	Расчетный уровень воды (в естественных условиях)	$РУВВ_{р\%}$ или $УВВ_{р\%}$ *р*—вероятность расчетного расхода	а) определение гидравлических характеристик потока в отверстии и в районе перехода; б) возвышение над $УВВ_{р\%}$ конструкций моста; в) назначение бровок земляного полотна и регуляционных сооружений автодорожных мостовых переходов
2	Наибольший уровень воды (в естественных условиях)	То же при *р*—вероятность наибольшего расхода	Используется только при проектировании железнодорожных мостовых переходов: как поверочный при п 1 б и как основной при п 1 в
3	Расчетный и наибольший уровень воды при ледовых явлениях (заторах, зажорах, наледях)	$УВВ_{р\%}$	См пп 1 и 2
4	Подпертый расчетный и наибольший уровень воды	$ПУВВ_{р\%}$	См. пп. 1 и 2 при расположении мостового перехода в зоне подпора от другой реки, гидротехнического сооружения, ветрового нагона и пр
5	Расчетный судоходный уровень воды	РСУ	Уровень, от которого отсчитывается надводная высота подмостового габарита (высотное положение пролетных строений)
6	Наинизший судоходный уровень воды	НСУ	Низкий (меженный) уровень воды, гарантирующий (с учетом возможного дноуглубления) требуемую глубину судового хода в судоходных пролетах моста
7	Уровень низкой межени	УНМ	Высотное положение обреза фундамента опор; водохозяйственные расчеты (за расчетную принимают наинизшую межень обеспеченностью 99%)
8	Уровень средней межени	УСМ	Водохозяйственные расчеты
9	Уровень нижней подвижки льда	УНПЛ	Расчет опор на воздействие льда
10	Уровень высокого ледохода	УВЛ	Расчет опор на воздействие льда, границы облицовки
11	Рабочий уровень	РУ	Расчеты при составлении проектов организации строительства мостов

Приложение 4 1

Определение состава крупнообломочного аллювия

Гранулометрический состав крупнообломочного аллювия определяют весовым способом Объем пробы должен быть не менее 1 м³ Гранулометрический состав определяют не менее чем на трех вертикалях в створе проектируемого моста

При невозможности применить весовой способ гранулометрический состав аллювия определяют объемным методом А А Александрова, пользуясь которым необходимо при наличии в составе аллювия фракций <100 мм более 20% учитывать пористость этих фракций При отсутствии лабораторных данных величину пористости принимают равной 30—40%

Производят обмер всех крупных валунов $d>100$ мм подряд без сортировки При этом фиксируют три размера каждого валуна, средний диаметр и объем валуна определяют по рис 1

В дальнейшем при камеральной обработке производят выборку по фракциям Точный объем выработки не оговаривается Полевые записи и результаты обработки помещают в прилагаемых формах и на рис 2

Форма 1

Наименование и номер выработки
Местоположение выработки км пк+
Отметка поверхности земли
Размеры выработки площадь м²,
глубина $h=$ м, объем= м³

№ пп	Размеры камней см			$a\times b\times c$	D см	Объем камней $W_{кр}$, м³	№ групп
	a	b	c				

Форма 2

№ групп	Средний диаметр, мм	Количество, шт.	Общий объем $W_{кр}$, м³	%
	Сумма			100

Форма 3

Наименование и номер выработки
Номер лабораторной пробы
Глубина взятия пробы
Пористость грунта $n=$
Содержание крупных фракций (>100 мм)

$$P_{кр}=\frac{\Sigma W_{кр}}{(1-n)W_{выр}}\,100=\frac{\qquad}{\qquad}\,100=\qquad\%$$

Продолжение формы 3

	Гранулометрический состав			Пересчет гранулометрического состава				Гидравлическая крупность	
	от до	d, мм	p, %	κ	p, %	Σp	dp	w, см/сек	wp
По данным полевых измерений	500			Поправочный коэффициент $\kappa_1 = p_{кр} : 100 =$					
		450						220	
	400								
		350						195	
	300								
	200	250						170	
		175						142	
	150								
	120	135						127	
	100	110						115	
По данным лаборатории	70	85		Поправочный коэффициент $K_2 = (100 - P_{кр}) : 100 =$				100	
		60						84	
	50								
		42,5						71	
	35								
		30						60	
	25								
		17,5						47	
	15								
		10						36	
	5								
		4						225	
	3								
		2,5						17	
	2								
		1,5						13	
	1								
		0,75						8	
	0,5								
		0,375						4	
	0,25								
		0,20						22	
	0,15								
		0,10						0,7	
	0,05								
		0,0275						0,048	
	0,005								
		0,0025						~0	

Форма 4

Результаты расчета

Наименование и № выработок	Характерные диаметры, мм					Гидравлическая крупность w, см/сек
	d_{max}	d_{10}	d_{30}	d_{50}	$\overline{d}$	

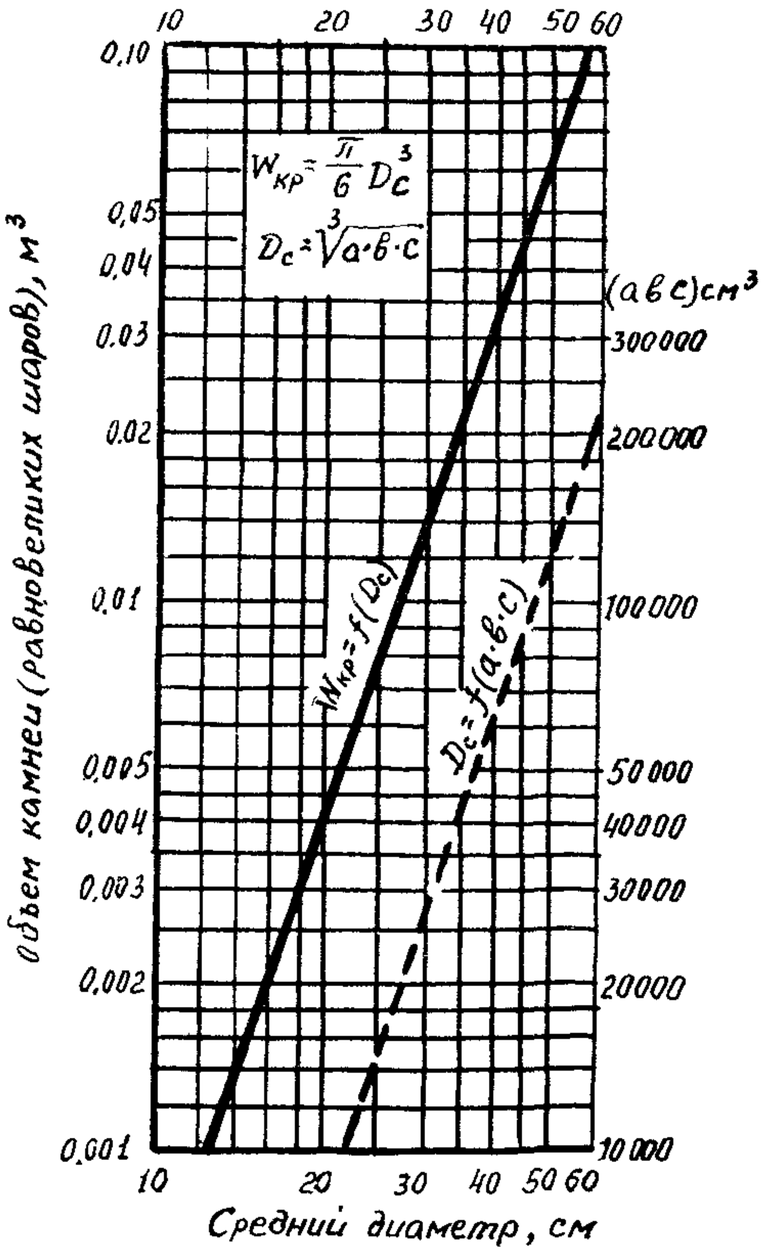


Рис. 1. График для определения среднего диаметра и объема камней

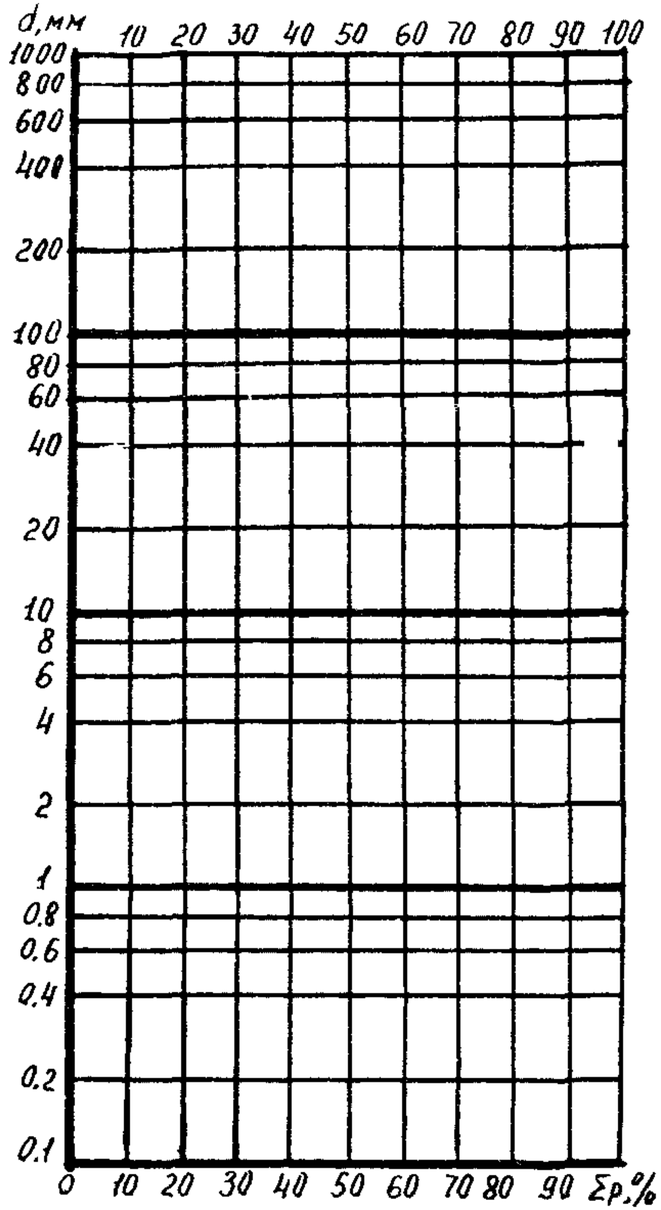


Рис. 2. Клетчатка для построения гранулометрической кривой

ПРИМЕРЫ

математического моделирования гидравлической работы эксплуатируемых и проектируемых мостовых переходов

Пример 1

Существующая автомобильная дорога пересекает мостом водоток А, являющийся протоком в речной долине р Б, и паромной переправой русло р Б В непосредственной близости от паромной переправы расположены подземные (под руслом) переходы газо- и нефтепроводов I—II класса Этим вызвано смещение створа проектируемого моста через р Б ниже паромной переправы Такое решение, связанное также с приближением трассы дороги к воздушной линии, привело к пересечению водотока С с устройством еще одного моста

В задачу математического моделирования входили обоснования и корректировка принятых проектных решений

размеры отверстий через русла Б и С,

гидравлическая работа моста через р С и необходимость в водоразделительной дамбе между руслами Б и С,

влияние мостов через р Б и С на русловые деформации в русле р Б в местах газо , нефтепроводов,

изменение гидравлической работы моста через р А в связи с мостами через р Б и С,

русловые деформации в русле р А в местах газо-, нефтепроводов,

необходимость в водоразделительной дамбе у моста через р А

Для моделирования протекания потока в речной долине р Б использованы двумерные уравнения Сен Венана, решаемые на ЭВМ методами численного интегрирования, и уравнения движения наносов

Исходными данными для расчета явились отметки дна и коэффициенты шероховатости внутри элементов сетки, на которую разбивают всю исследуемую область (речную долину) В алгоритме использовалась так называемая регулярная прямоугольная сетка, которая делит всю область течения на продольники и поперечники (рис 1, см вклейку) Такая сетка удобна для ввода исходных данных и анализа полученных результатов и используется в ЦНИИСе при относительно (русел) нешироких речных долинах в областях с достаточно простой конфигурацией границ

В программе границы непротекания (насыпь, водоразделительные дамбы и т п) являются границами элементов (т е линиями) Поэтому криволинейные сооружения, длина которых превышает их ширину, аппроксимируются ломаными линиями (см рис 1)

В качестве граничных условий в программе задают удельные расходы на одной (верхней) границе и уровни на другой (нижней) границе области При этом для расчетов установившегося движения конечный результат не зависит от способа задания начальных условий (например, на входе можно задавать распределение удельных расходов по Шези или произвольно), поскольку течение формируется под влиянием граничных условий и через некоторое время стабилизируется

Комплекс предусматривает возможность продолжения расчетов с контрольной точки, включает блоки контроля исходных данных и программу вывода результатов на печать, графопостроитель (рис 2, см вклейку) и графдисплей Для персональных компьютеров (ПЭМВ) реализовано цветное графическое представление расчета на экране монитора

Результаты математического моделирования позволили

предложить сокращение моста через р Б до отверстия, которое не будет оказывать неблагоприятного влияния на работу трубопроводов,

отказаться от предлагаемых первоначально в проекте специальных водоразделительных дамб для регулирования пойменного и руслового потоков на мостах через русла А и С, дамба может оказать даже негативное влияние на работу проектируемого моста через р С

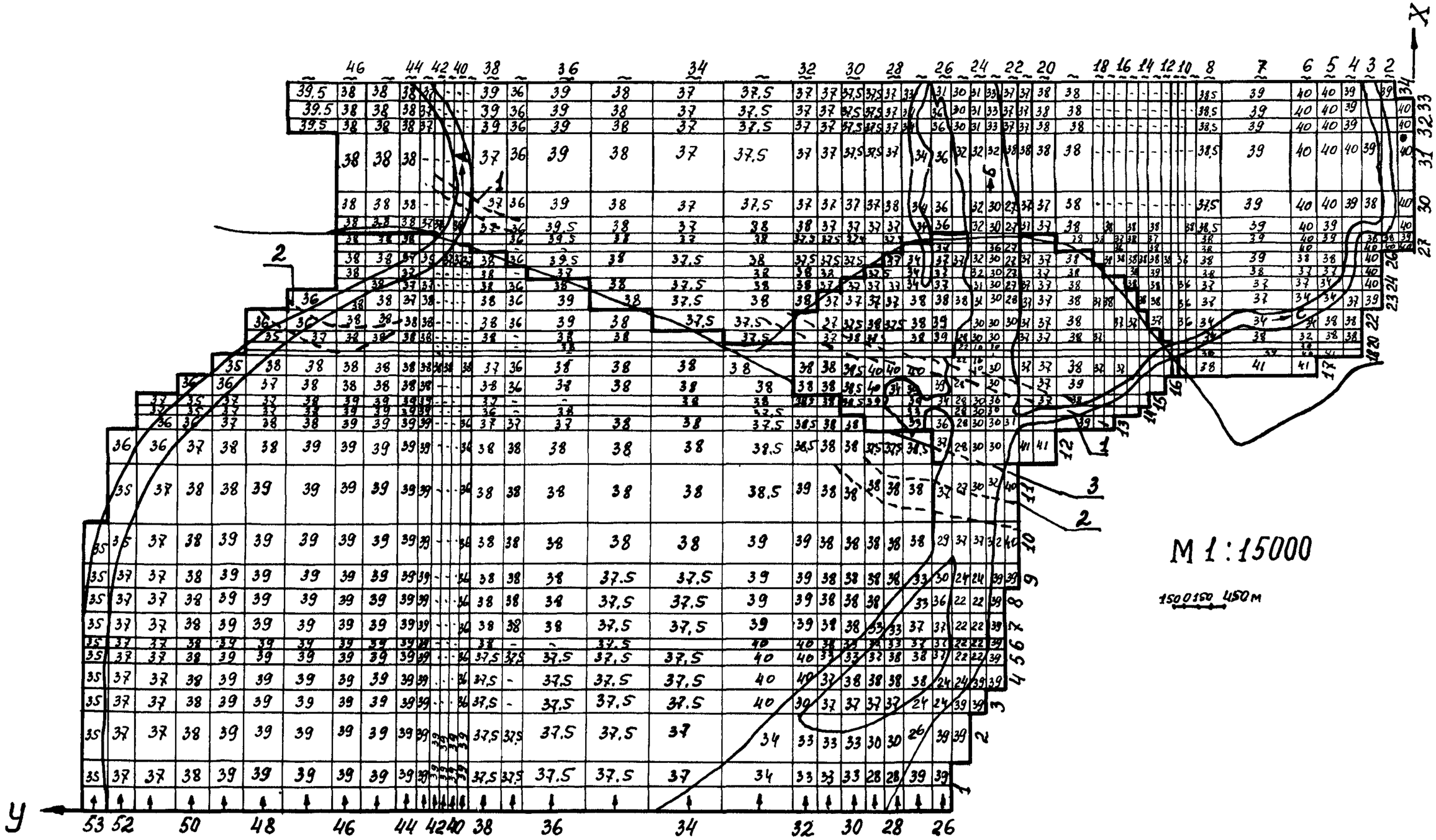


Рис. 1. Расчетная сетка конечных элементов: Цифрами в ячейках показаны отметки земли (в м); по контуру сетки—номера ячеек по осям *X* и *Y*; стрелками показан участок, где задан расход воды; волнистыми линиями—уровень; *1*—газопровод; *2*—нефтепровод; *3*—паромная переправа

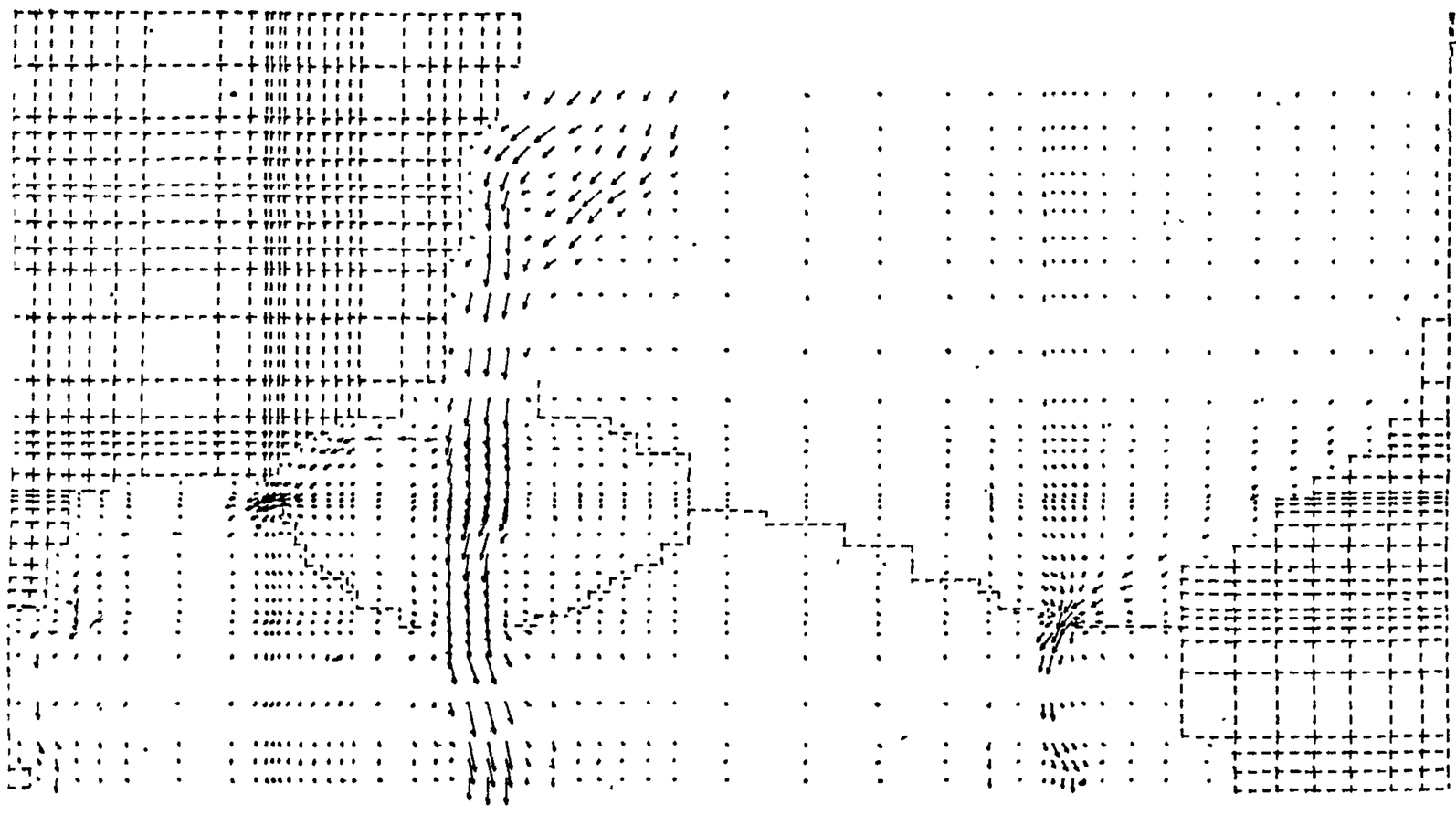


Рис. 2. План скоростей течений, полученный на графопостроителе

Спрямля
трехпараметрического гамма-распред

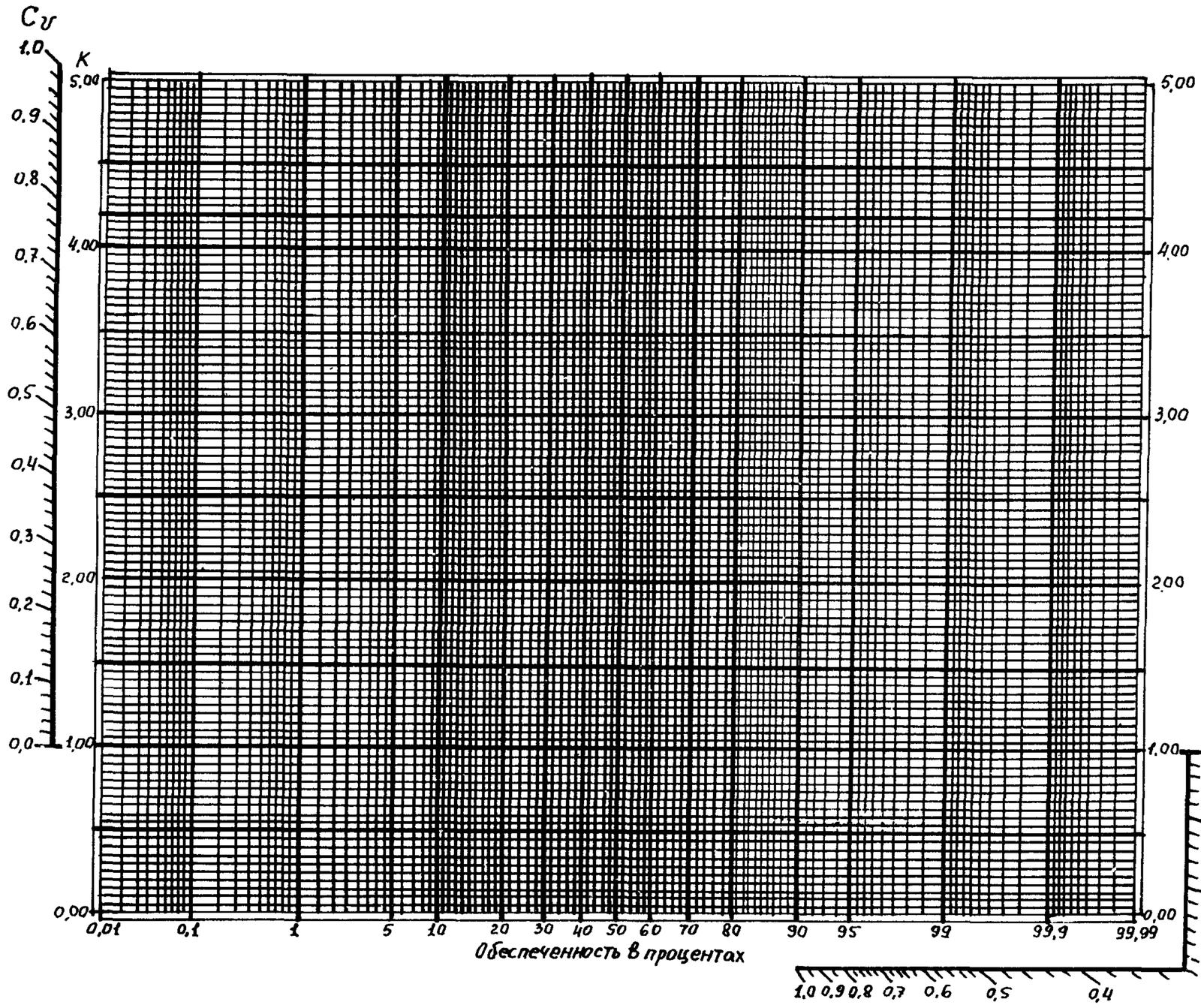


Рис. 1. Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при $C_s=0$

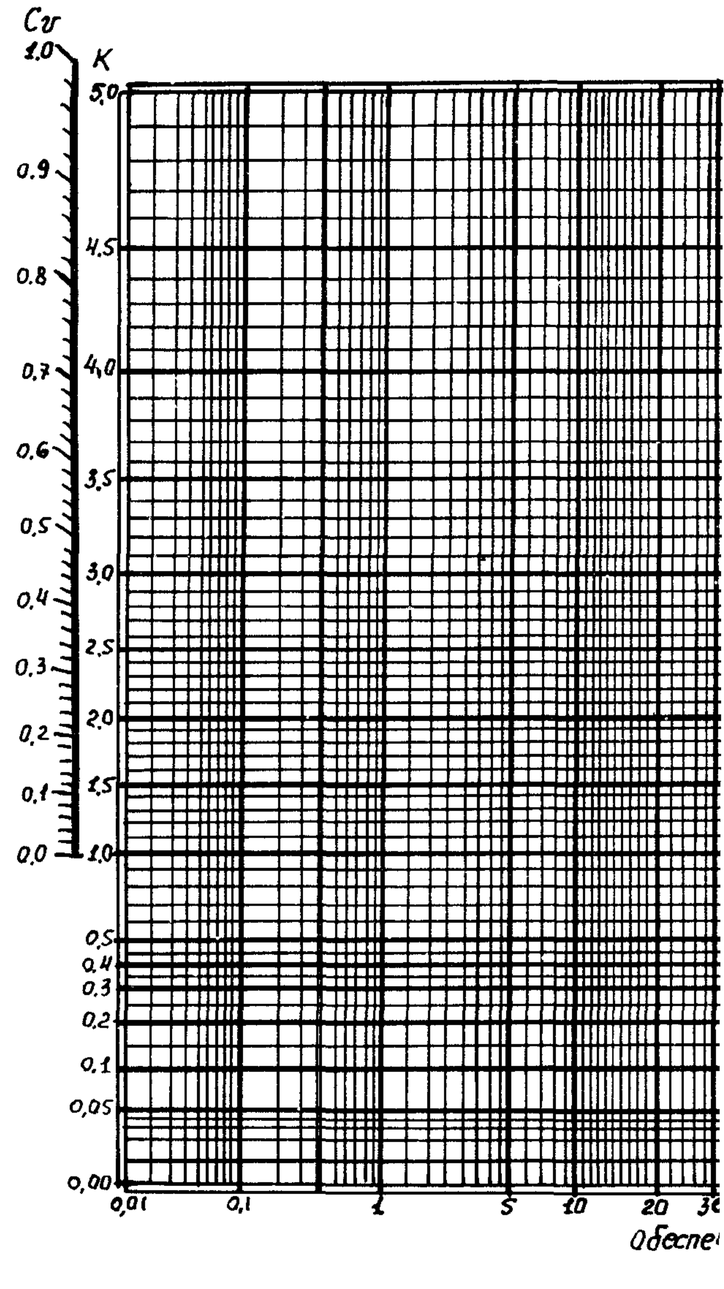


Рис 2 Клетчатка вероятности

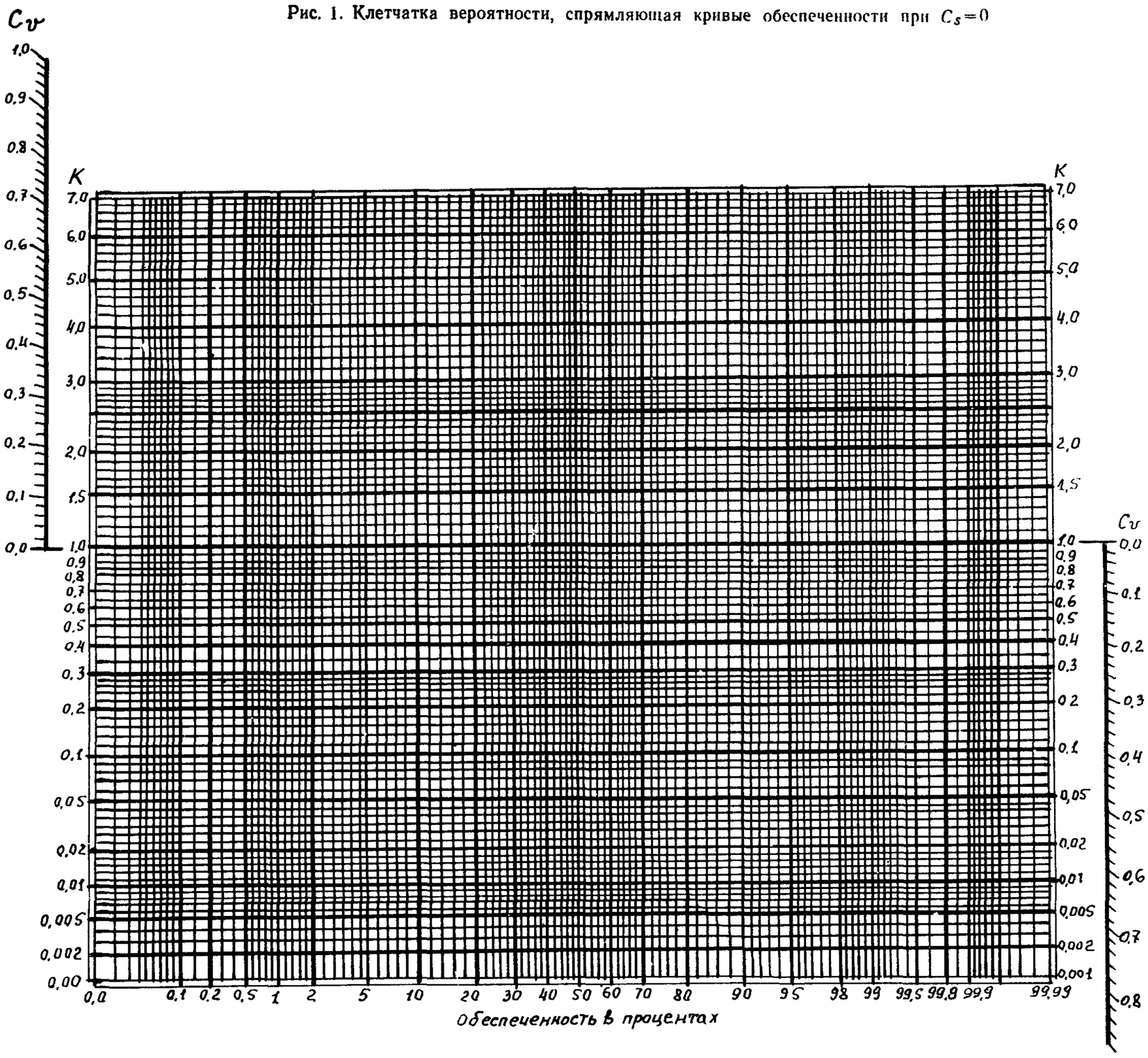


Рис. 4. Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при $C_s=2C_v$

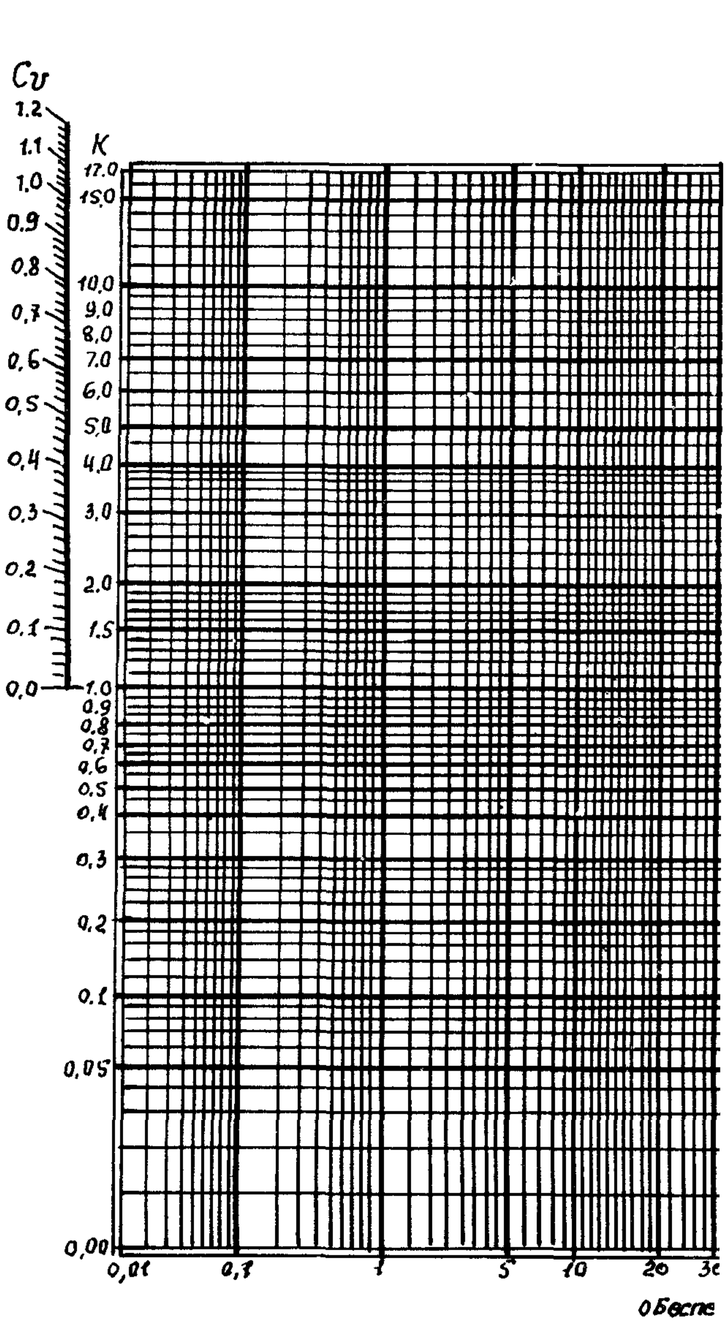
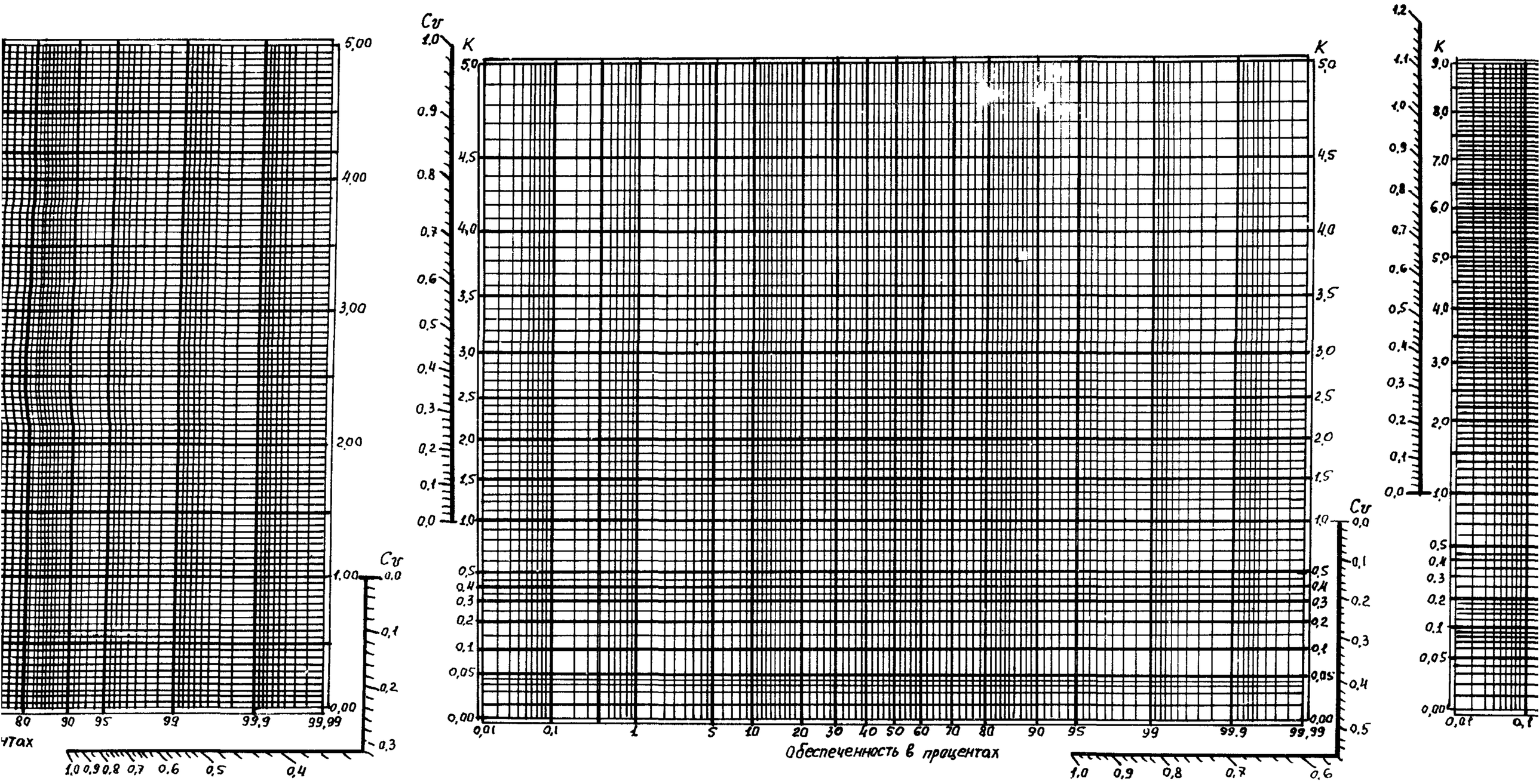


Рис 5 Клетчатка вероятности, с

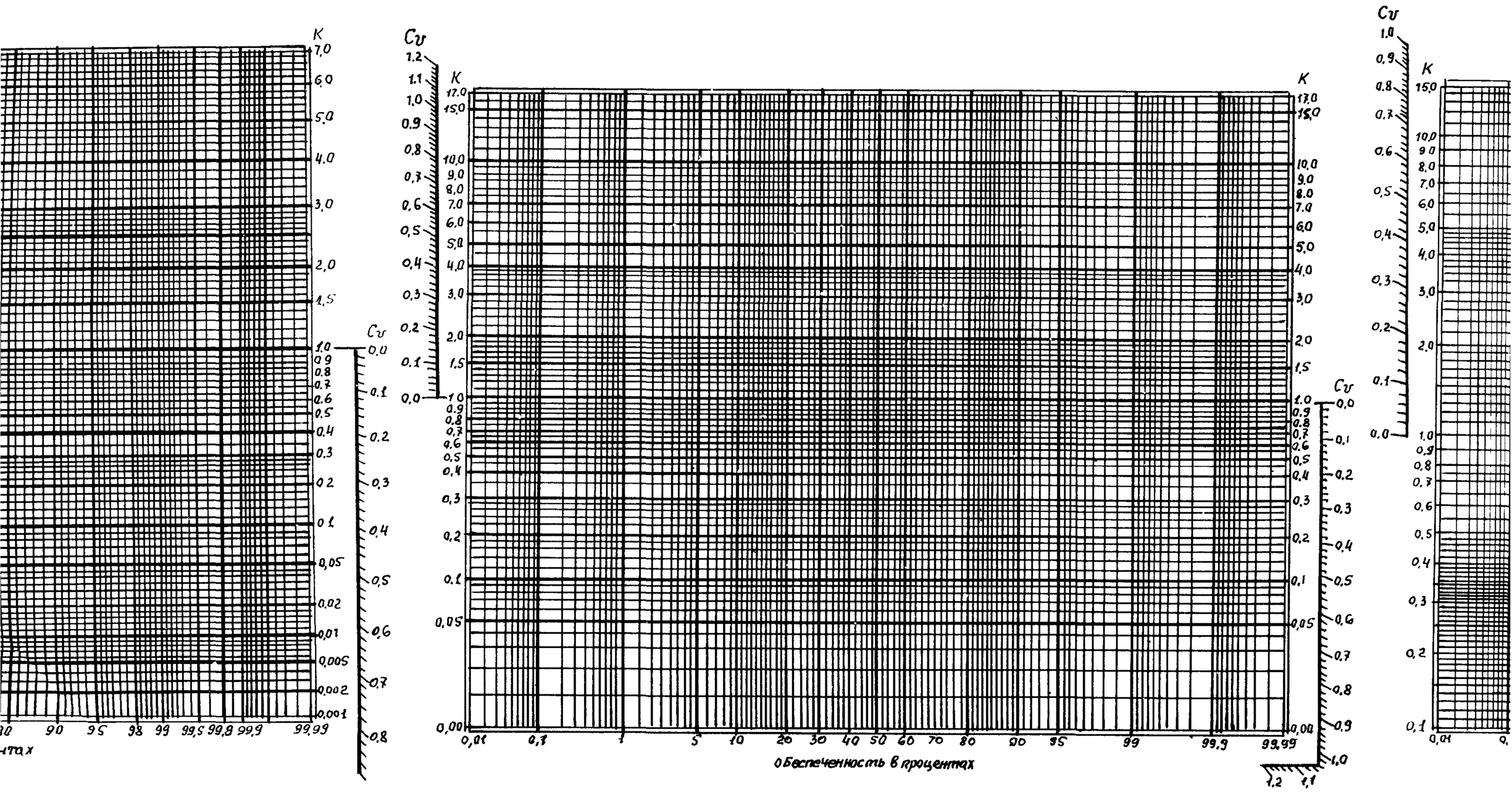
Зак 5606, стр 354—355

Спрямляющие клетчатки
трехпараметрического гамма-распределения при соотношениях C_s/C_v от 1 до 6



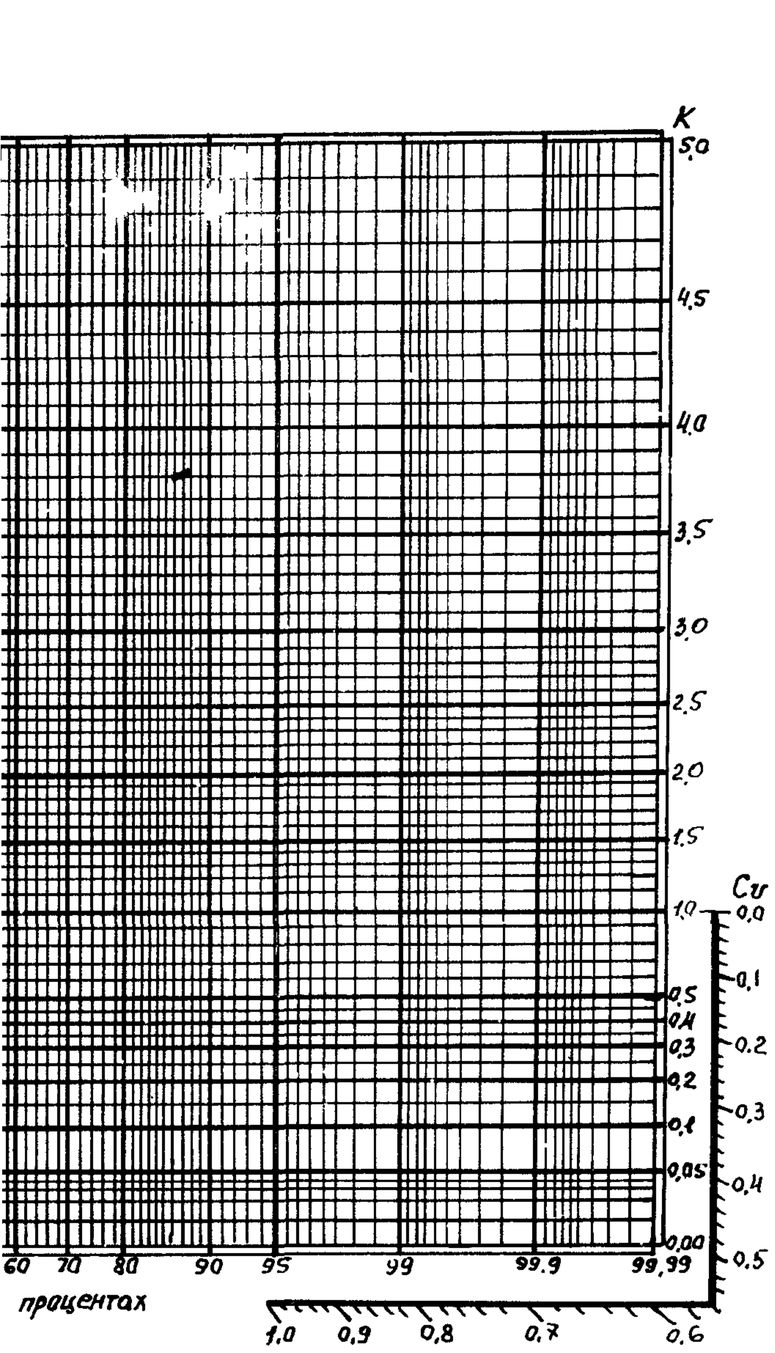
ая кривые обеспеченности при $C_s=0$

Рис 2 Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при $C_s=C_v$



ривые обеспеченности при $C_s=2C_v$

Рис 5 Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при $C_s=3,0C_v$



ющая кривые обеспеченности при $C_s = C_v$

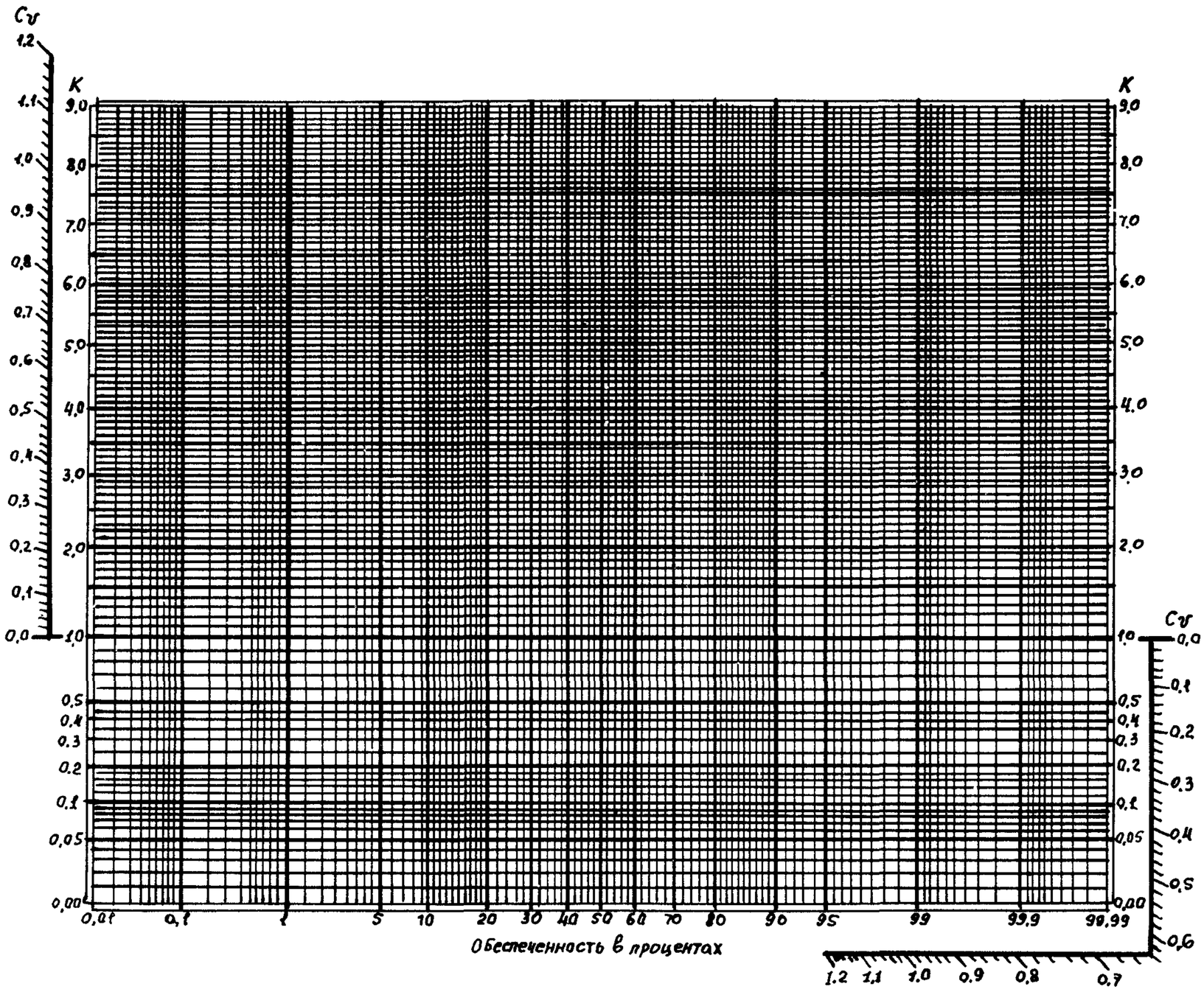
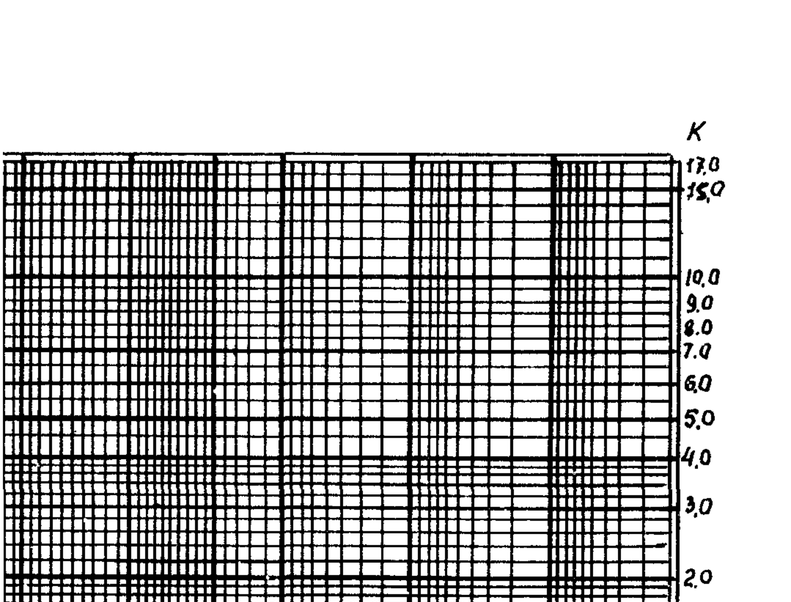


Рис 3 Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при $C_s = 1{,}5C_v$



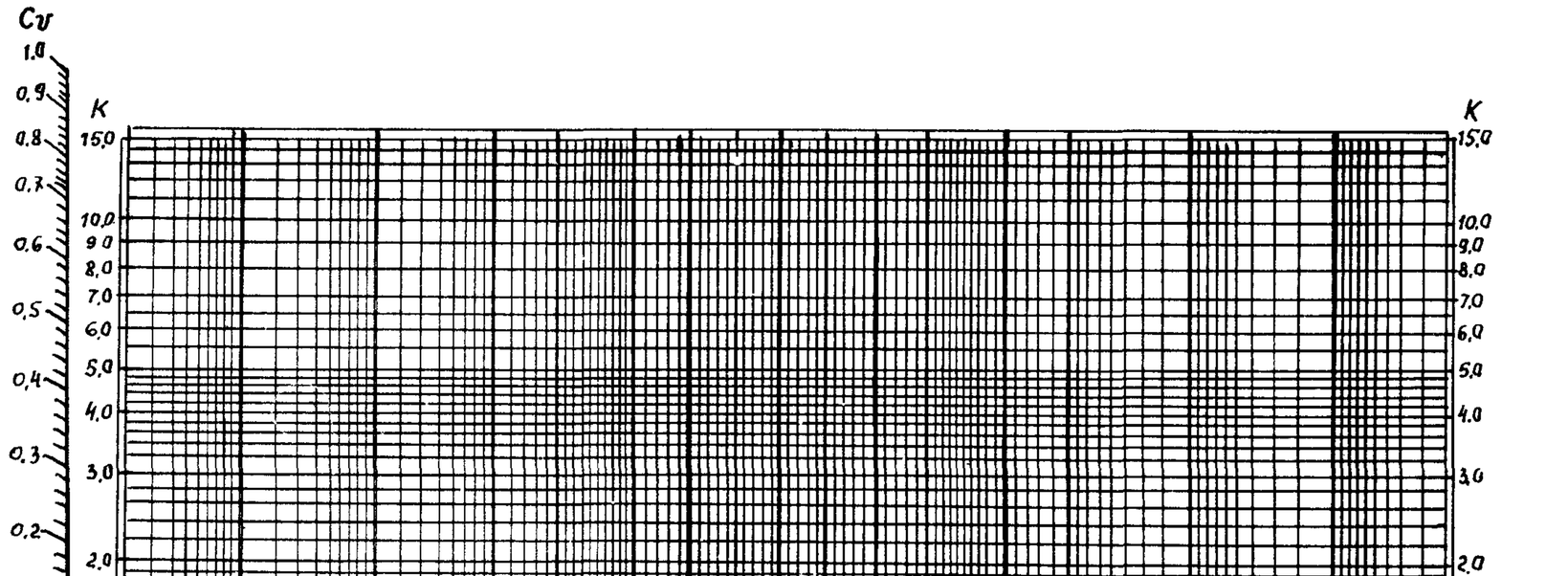
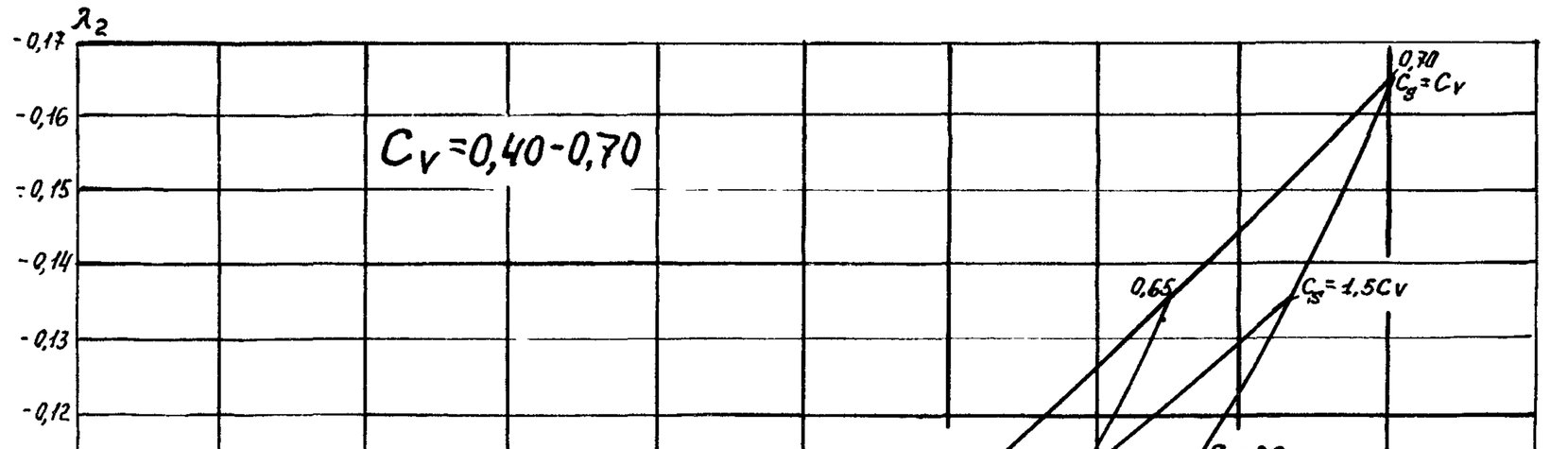
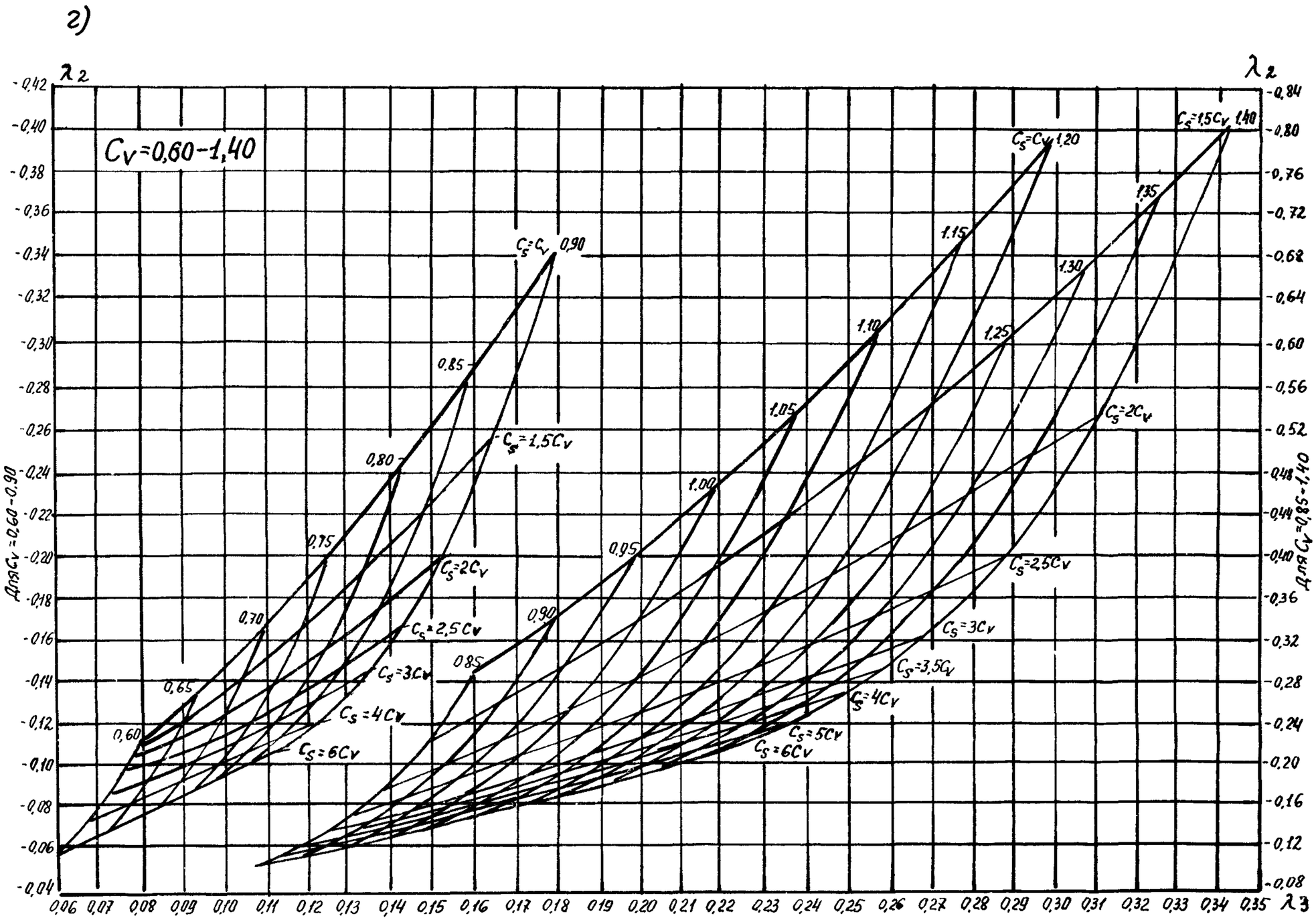


Рис 6 Клетчатка вероятности, спрямляющая кривые обеспеченности при $C_s = 4{,}0C_v$

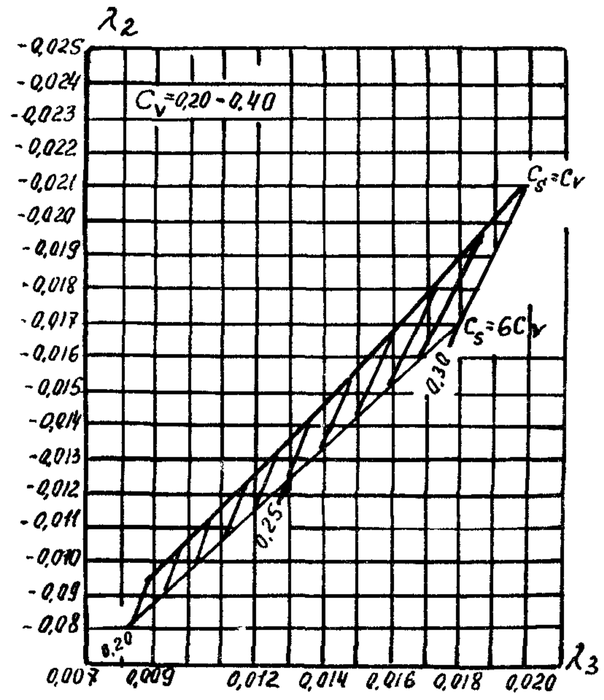
в)


λ2
Cv=0,40-0,70
0,70
Cs=Cv
0,65
Cs=1,5Cv
0,60
Cs=2Cv
Cs=2,5Cv
Cs=3Cv
0,55
Cs=4Cv
0,50
Cs=6Cv
0,45
Cv=0,40
λ3

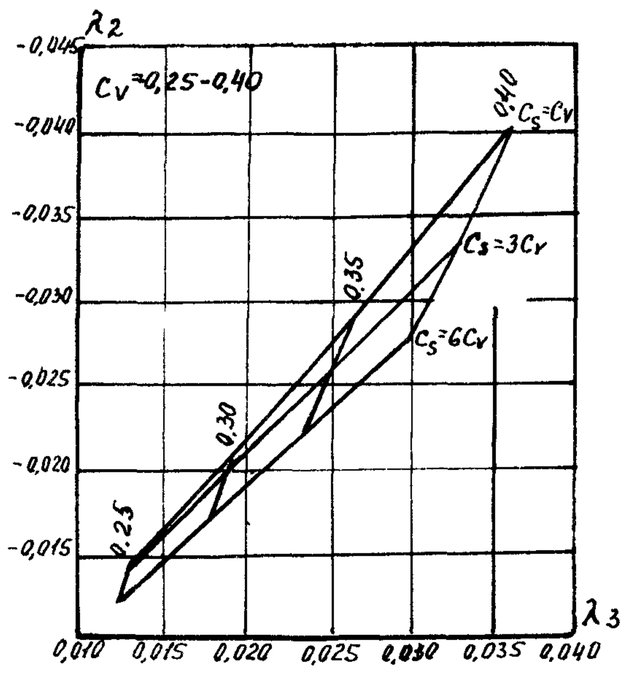
г)


λ2
Cv=0,60-1,40
Cs=Cv 0,90
0,85
Cs=1,5Cv
0,80
0,75
Cs=2Cv
0,70
Cs=2,5Cv
Cs=3Cv
0,65
Cs=4Cv
0,60
Cs=6Cv
1,00
0,95
1,05
1,10
1,15
Cs=Cv 1,20
1,25
1,30
1,35
Cs=1,5Cv 1,40
Cs=2Cv
Cs=2,5Cv
Cs=3Cv
Cs=3,5Cv
Cs=4Cv
Cs=5Cv
Cs=6Cv
λ3

а)



б)



Номограммы для вычисления параметров трехпараметрического гамма-распределения C_v и C_s методом наибольшего правдоподобия *а*—C_v=0,2—0,4; *б*—C_v=0,25—0,40; *в*—C_v=0,40—0,70; *г*—C_v=0,60—1,40

Пример 2

В междуречье трех рек А, В, С в районе Крайнего Севера проектировалась автомобильная дорога *M—N* соответственно с тремя основными мостовыми переходами и несколькими дополнительными малыми мостами. Особенностями объекта являлись: а) большое отличие в размерах поймы и русел (общие размеры расчетной области 60×60 км, ширина русел 100÷300 м); б) возможность перетекания части расхода воды из бассейна реки А в бассейн рек В, С; в) наличие дополнительного притока воды непосредственно с расчетной площади; г) необходимость учета ветрового нагона и влияния нагонных и приливных явлений в заливе, куда впадают реки, на предмостовые подпоры и расходы воды, проходящие через отверстия.

Целью исследований являлся выбор схемы мостовых переходов с учетом перераспределения расходов между отверстиями, величин подпора и размыва.

Для решения были разработаны специальная двухслойная математическая модель течения и комплекс программ «Паводок», позволяющие рассчитывать взаимодействие руслового (ниже бровок русел) и пойменного (выше бровок) потоков, перетекание воды из русла на пойму и обратно и т. п. Численное моделирование проводилось на сетках из треугольных элементов типа представленной на рис. 3. Сетка построена с учетом геометрии границ затопления, русловой сети и проектируемой автомобильной дороги. Сетка строится автоматически с использованием специального комплекса программ «*TRIANA*». Наряду с расчетами мостовых переходов было проведено и моделирование течений в бытовых условиях, а также экспериментально и теоретически исследованы скорости размыва в вечномерзлых грунтах с учетом оттаивания. В результате были даны рекомендации по оптимальному проектированию трех мостовых переходов.

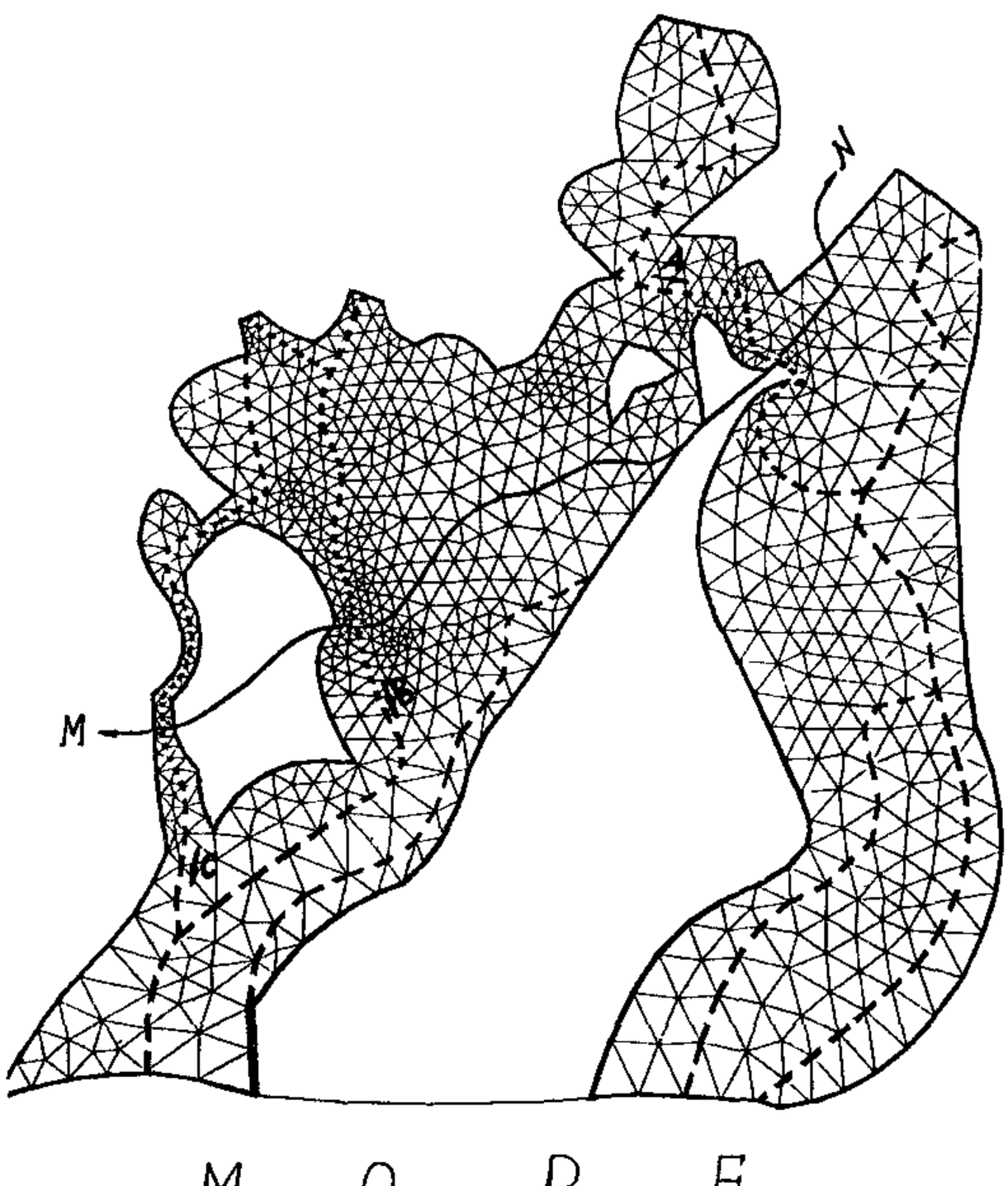


Рис 3. Расчетная сетка конечных элементов треугольного типа

ОРДИНАТЫ
интегральных кривых распределения вероятностей по С. Н. Крицкому и М. Ф. Менкелю

$$\frac{C_s}{C_v} = 1{,}0$$

p, %	C_v									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,10	1,32	1,67	2,03	2,39	2,77	3,14	2,48	3,82	4,13	4,44
0,33	1,28	1,58	1,88	2,21	2,53	2,86	3,18	3,48	3,80	4,12
0,5	1,27	1,55	1,84	2,15	2,45	2,76	3,06	3,37	3,68	4,00
1	1,24	1,49	1,75	2,03	2,31	2,59	2,87	3,15	3,45	3,78
2	1,21	1,43	1,64	1,90	2,14	2,38	2,63	2,89	3,18	3,49
5	1,17	1,34	1,52	1,70	1,90	2,10	2,31	2,52	2,76	3,04
10	1,13	1,26	1,39	1,53	1,68	1,83	1,99	2,16	2,35	2,57
20	1,08	1,17	1,25	1,34	1,42	1,51	1,59	1,69	1,78	1,88
25	1,06	1,13	1,19	1,26	1,33	1,41	1,47	1,52	1,58	1,62
30	1,05	1,10	1,15	1,20	1,24	1,29	1,34	1,38	1,40	1,39
40	1,02	1,04	1,06	1,08	1,09	1,10	1,10	1,10	1,05	0,99
50	1,00	0,99	0,99	0,97	0,96	0,93	0,89	0,83	0,76	0,67
60	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83	0,79	0,71	0,61	0,51	0,40
70	0,95	0,89	0,83	0,77	0,70	0,62	0,51	0,41	0,30	0,21
75	0,93	0,86	0,78	0,71	0,62	0,53	0,42	0,31	0,21	0,14
80	0,91	0,83	0,74	0,65	0,55	0,45	0,35	0,24	0,15	0,09
90	0,88	0,75	0,63	0,50	0,38	0,26	0,17	0,09	0,04	0,02
95	0,84	0,68	0,53	0,38	0,26	0,15	0,08	0,04	0,01	0,00
97	0,82	0,64	0,48	0,33	0,21	0,11	0,05	0,02	0,00	0,00
99	0,78	0,57	0,38	0,23	0,12	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00
99,5	0,76	0,53	0,34	0,18	0,09	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
99,7	0,74	0,50	0,31	0,15	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
99,9	0,70	0,45	0,25	0,11	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

$$\frac{C_s}{C_v} = 1{,}5$$

p, %	C_v											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0 9	1,0	1,1	1,2
0,10	1,33	1,70	2,11	2,54	3,02	3,53	4,05	4,60	5,21	5,82	6,50	7,18
0,33	1,28	1,60	1,94	2,31	2,70	3,12	3,55	4,02	4,52	5,04	5,56	6,10
0,5	1,27	1,57	1,90	2,24	2,60	3,00	3,42	3,85	4,32	4,79	5,30	5,87
1	1,24	1,51	1,79	2,09	2,41	2,76	3,11	3,49	3,90	4,31	4,73	5,21
2	1,21	1,44	1,68	1,94	2,21	2,49	2,79	3,10	3,42	3,76	4,14	4,48
5	1,17	1,34	1,53	1,72	1,92	2,13	2,35	2,56	2,80	3,05	3,28	3,54
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,69	1,82	1,96	2,11	2,27	2,42	2,56	2,70
20	1,10	1,17	1,25	1,32	1,41	1,48	1,55	1,61	1,67	1,72	1,75	1,77

p, %	C_v											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
25	1,07	1,13	1,19	1,25	1,30	1,35	1,40	1,43	1,46	1,49	1,48	1,47
30	1,05	1,10	1,14	1,18	1,20	1,24	1,26	1,28	1,30	1,29	1,26	1,25
40	1,03	1,02	1,07	1,06	1,06	1,06	1,05	1,03	1,00	0,95	0,90	0,84
50	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,81	0,76	0,70	0,62	0,54
60	0,97	0,94	0,90	0,86	0,81	0,76	0,70	0,63	0,56	0,48	0,40	0,34
70	0,95	0,89	0,83	0,76	0,69	0,62	0,55	0,46	0,38	0,30	0,23	0,17
75	0,93	0,86	0,78	0,71	0,63	0,55	0,46	0,38	0,30	0,22	0,16	0,11
80	0,91	0,83	0,74	0,65	0,57	0,47	0,39	0,31	0,23	0,16	0,11	0,07
90	0,87	0,75	0,63	0,52	0,41	0,31	0,22	0,15	0,09	0,05	0,03	0,01
95	0,84	0,69	0,55	0,42	0,31	0,21	0,14	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00
97	0,82	0,65	0,50	0,36	0,25	0,15	0,09	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
99	0,78	0,58	0,41	0,27	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
99,5	0,76	0,55	0,36	0,22	0,12	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
99,7	0,74	0,52	0,33	0,20	0,11	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
99,9	0,72	0,47	0,28	0,15	0,07	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

$$\frac{C_s}{C_v} = 2$$

p, %	C_v											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,10	1,34	1,73	2,19	2,70	3,27	3,89	4,57	5,30	6,08	6,91	7,76	8,65
0,33	1,29	1,62	2,00	2,42	2,87	3,36	3,88	4,47	5,06	5,68	6,32	6,90
0,5	1,28	1,59	1,94	2,33	2,74	3,20	3,68	4,19	4,73	5,30	5,88	6,50
1	1,25	1,52	1,83	2,16	2,51	2,89	3,29	3,71	4,15	4,61	5,06	5,30
2	1,22	1,45	1,72	1,99	2,27	2,58	2,89	3,24	3,53	3,85	4,22	4,47
5	1,17	1,35	1,54	1,74	1,94	2,15	2,36	2,57	2,78	3,00	3,21	3,45
10	1,13	1,26	1,40	1,53	1,67	1,81	1,94	2,06	2,19	2,30	2,41	2,50
20	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,49	1,54	1,58	1,61	1,62	1,62
25	1,07	1,13	1,18	1,23	1,28	1,31	1,34	1,37	1,38	1,39	1,37	1,34
30	1,05	1,09	1,13	1,17	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20	1,18	1,13
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,99	0,96	0,92	0,87	0,81
50	1,00	0,99	0,97	0,95	0,92	0,88	0,84	0,80	0,75	0,69	0,64	0,58
60	0,97	0,94	0,90	0,85	0,80	0,75	0,69	0,63	0,57	0,51	0,45	0,40
70	0,95	0,89	0,82	0,76	0,69	0,62	0,55	0,49	0,42	0,36	0,31	0,26
75	0,93	0,86	0,78	0,71	0,63	0,56	0,49	0,42	0,35	0,29	0,24	0,19
80	0,92	0,83	0,75	0,66	0,57	0,49	0,42	0,35	0,28	0,22	0,17	0,13
90	0,87	0,75	0,64	0,53	0,44	0,35	0,27	0,21	0,15	0,11	0,07	0,05
95	0,84	0,70	0,56	0,45	0,34	0,25	0,18	0,13	0,08	0,05	0,03	0,02
97	0,82	0,66	0,52	0,39	0,29	0,20	0,14	0,09	0,05	0,33	0,02	0,01
99	0,78	0,59	0,44	0,31	0,21	0,13	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00
99,5	0,76	0,56	0,40	0,27	0,17	0,10	0,05	0,03	0,01	0,01	0,00	0,00
99,7	0,75	0,54	0,37	0,24	0,15	0,08	0,04	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
99,9	0,72	0,49	0,32	0,19	0,11	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

$$\frac{C_s}{C_v} = 3$$

p, %	C_v											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,10	1,35	1,80	2,36	3,00	3,75	4,58	5,43	6,31	7,33	8,43	9,49	10,68
0,33	1,30	1,67	2,08	2,60	3,18	3,74	4,16	4,96	5,68	6,44	7,16	8,05
0,5	1,29	1,63	2,02	2,48	3,00	3,50	4,06	4,64	5,21	5,85	6,50	7,10
1	1,25	1,55	1,88	2,25	2,66	3,07	3,49	3,92	4,40	4,88	5,37	5,79
2	1,22	1,47	1,75	2,03	2,33	2,55	2,96	3,30	3,64	4,00	4,30	4,65
5	1,17	1,36	1,54	1,75	1,94	2,14	2,35	2,51	2,70	2,89	3,05	3,23
10	1,14	1,26	1,39	1,52	1,63	1,76	1,87	1,97	2,09	2,15	2,24	2,31
20	1,09	1,16	1,23	1,29	1,33	1,38	1,42	1,45	1,47	1,49	1,49	1,50
25	1,07	1,12	1,17	1,21	1,23	1,26	1,27	1,29	1,28	1,28	1,27	1,27
30	1,05	1,09	1,12	1,14	1,15	1,15	1,16	1,15	1,14	1,13	1,11	1,08
40	1,02	1,03	1,03	1,03	1,01	1,00	0,97	0,95	0,91	0,88	0,85	0,81
50	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70	0,66	0,61
60	0,97	0,93	0,89	0,84	0,79	0,74	0,69	0,65	0,60	0,55	0,50	0,46
70	0,94	0,88	0,82	0,76	0,70	0,64	0,58	0,53	0,47	0,42	0,37	0,33
75	0,93	0,86	0,79	0,72	0,65	0,58	0,52	0,47	0,41	0,36	0,31	0,27
80	0,91	0,83	0,75	0,67	0,60	0,53	0,47	0,41	0,36	0,31	0,26	0,22
90	0,87	0,76	0,66	0,57	0,48	0,41	0,34	0,29	0,24	0,19	0,16	0,12
95	0,84	0,71	0,59	0,49	0,41	0,33	0,26	0,21	0,17	0,13	0,10	0,07
97	0,83	0,68	0,55	0,45	0,36	0,28	0,22	0,17	0,13	0,10	0,07	0,05
99	0,79	0,62	0,48	0,37	0,29	0,21	0,16	0,12	0,08	0,06	0,04	0,03
99,5	0,77	0,59	0,45	0,34	0,25	0,18	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02
99,7	0,76	0,57	0,43	0,31	0,23	0,16	0,12	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01
99,9	0,73	0,53	0,38	0,27	0,19	0,13	0,09	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01

$$\frac{C_s}{C_v} = 4$$

p %	C_v												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0 5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5
0,10	1,38	1,87	2,53	3,29	4,20	5,07	6,05	7,08	8,12	9,25	10,42	11,65	15,20
0,33	1,32	1,71	2,20	2,74	3,34	4,00	4,60	5,28	5,96	6,67	7,40	8,20	10,50
0,5	1,30	1,67	2,10	2,60	3,13	3,69	4,25	4,81	5,43	6,02	6,65	7,31	9,17
1	1,25	1,58	1,94	2,34	2,77	3,17	3,59	4 01	4,43	4,90	5,35	5,82	7,09
2	1,21	1,48	1,77	2,07	2,38	2,72	3,00	3,28	3,55	3,90	4,25	4,58	5,50
5	1,17	1,36	1,55	1,75	1,93	2,11	2,28	2,45	2,60	2,77	2,92	3,07	3,50
10	1,11	1,26	1,38	1,51	1,61	1,72	1,82	1,90	2,00	2,05	2,12	2,18	2,35
20	1 08	1,15	1,21	1,26	1,31	1,34	1,37	1,40	1,41	1,42	1,43	1,43	1,43
25	1,06	1,11	1,15	1,19	1,21	1,23	1,23	1,24	1,25	1,24	1,24	1,22	1,20
30	1,05	1,08	1,10	1,12	1,13	1,13	1,12	1,12	1,10	1,09	1,07	1,06	0,98
40	1,02	1,03	1,02	1,01	0,99	0,97	0,95	0,93	0,90	0,87	0,85	0,81	0,72

p, %	C_v												
	0,1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5
50	0,99	0,98	0,95	0,92	0,89	0,85	0,82	0,78	0,75	0,71	0,67	0,63	0,51
60	0,97	0,93	0,89	0,84	0,79	0,75	0,70	0,66	0,62	0,57	0,53	0,49	0,36
70	0,94	0,88	0,82	0,76	0,71	0,65	0,60	0,55	0,50	0,46	0,42	0,38	0,26
75	0,93	0,86	0,79	0,72	0,66	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,37	0,32	0,20
80	0,91	0,83	0,75	0,68	0,61	0,55	0,50	0,45	0,40	0,36	0,31	0,27	0,16
90	0,88	0,77	0,67	0,59	0,51	0,44	0,38	0,33	0,29	0,25	0,21	0,18	0,09
95	0,85	0,72	0,61	0,52	0,44	0,37	0,32	0,26	0,22	0,18	0,15	0,12	0,04
97	0,83	0,69	0,58	0,48	0,40	0,33	0,27	0,23	0,18	0,15	0,12	0,10	0,03
99	0,80	0,64	0,52	0,42	0,34	0,27	0,22	0,17	0,14	0,11	0,08	0,06	0,02
99,5	0,78	0,61	0,49	0,39	0,30	0,24	0,19	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05	0,02
99,7	0,77	0,60	0,47	0,37	0,29	0,22	0,17	0,13	0,10	0,07	0,05	0,04	0,01
99,9	0,75	0,56	0,43	0,33	0,25	0,19	0,14	0,10	0,08	0,05	0,04	0,03	0,00

$$\frac{C_s}{C_v} = 5$$

p, %	C_v											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
0,10	1,40	1,95	2,66	3,51	4,44	5,40	6,43	7,54	8,64	9,83	10,96	12,14
0,33	1,33	1,76	2,27	2,88	3,44	4,20	4,76	5,50	6,20	6,90	7,70	8,20
0,5	1,31	1,70	2,16	2,69	3,21	3,77	4,34	4,93	5,52	6,17	6,85	7,35
1	1,27	1,61	1,98	2,38	2,79	3,21	3,65	4,06	4,50	4,94	5,33	5,75
2	1,23	1,50	1,78	2,10	2,40	2,72	3,00	3,35	3,65	3,92	4,20	4,50
5	1,17	1,36	1,55	1,74	1,90	2,08	2,22	2,41	2,54	2,71	2,85	2,98
10	1,13	1,26	1,37	1,49	1,60	1,70	1,79	1,86	1,94	2,00	2,05	2,11
20	1,08	1,15	1,21	1,25	1,30	1,32	1,34	1,36	1,36	1,39	1,40	1,41
25	1,06	1,11	1,15	1,17	1,20	1,20	1,20	1,22	1,22	1,22	1,20	1,20
30	1,05	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,10	1,10	1,09	1,08	1,06	1,04
40	1,02	1,02	1,01	1,00	0,98	0,97	0,94	0,92	0,90	0,87	0,84	0,81
50	0,99	0,97	0,94	0,92	0,88	0,85	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,65
60	0,97	0,93	0,88	0,84	0,79	0,75	0,71	0,67	0,63	0,58	0,55	0,51
70	0,94	0,88	0,82	0,77	0,71	0,66	0,61	0,56	0,52	0,48	0,44	0,41
75	0,93	0,86	0,79	0,73	0,67	0,62	0,56	0,51	0,47	0,42	0,39	0,36
80	0,91	0,83	0,75	0,69	0,63	0,57	0,52	0,47	0,42	0,37	0,34	0,31
90	0,88	0,77	0,68	0,61	0,53	0,47	0,41	0,36	0,32	0,27	0,24	0,21
95	0,84	0,73	0,63	0,55	0,47	0,40	0,34	0,29	0,25	0,21	0,18	0,15
97	0,82	0,70	0,60	0,51	0,43	0,36	0,31	0,26	0,22	0,18	0,15	0,12
99	0,78	0,66	0,55	0,45	0,37	0,31	0,25	0,20	0,16	0,13	0,10	0,08
99,5	0,76	0,63	0,52	0,42	0,34	0,28	0,23	0,18	0,14	0,11	0,09	0,07
99,7	0,75	0,62	0,51	0,41	0,32	0,26	0,21	0,16	0,12	0,10	0,08	0,06
99,9	0,73	0,59	0,47	0,37	0,29	0,23	0,18	0,14	0,10	0,08	0,06	0,04

$$\frac{C_s}{C_v} = 6$$

p, %	C_v												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5
0,10	1,41	2,02	2,80	3,68	4,58	5,54	6,57	7,63	8,79	10,00	11,18	12,39	15,55
0,33	1,34	1,80	2,34	2,92	3,55	4,20	4,84	5,48	6,16	6,88	7,60	8,30	10,20
0,5	1,32	1,74	2,22	2,73	3,26	3,82	4,38	4,93	5,51	6,11	6,71	7,31	9,08
1	1,29	1,63	2,01	2,40	2,81	3,22	3,63	4,03	4,44	4,86	5,27	5,69	6,95
2	1,24	1,51	1,80	2,10	2,38	2,68	2,98	3,29	3,57	3,84	4,14	4,40	5,25
5	1,18	1,37	1,55	1,73	1,89	2,05	2,20	2,36	2,51	2,66	2,80	2,90	3,25
10	1,14	1,26	1,37	1,47	1,56	1,66	1,73	1,82	1,90	1,96	2,03	2,08	2,22
20	1,08	1,14	1,19	1,23	1,27	1,30	1,32	1,34	1,36	1,37	1,37	1,38	1,40
25	1,07	1,10	1,13	1,16	1,18	1,19	1,20	1,21	1,20	1,20	1,20	1,19	1,17
30	1,04	1,07	1,08	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	1,08	1,07	1,05	1,04	1,00
40	1,02	1,02	1,01	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89	0,87	0,85	0,82	0,74

ОТКЛО

ординат кривой вероятностей превышения Пирсона III типа

C_s	Вероятность									
	0,1	0,33	1	2	5	10	20	25	30	40
0,00	3,09	2,75	2,33	2,04	1,64	1,28	0,84	0,67	0,52	0,25
0,05	3,16	2,76	2,36	2,07	1,65	1,28	0,84	0,66	0,52	0,24
0,10	3,23	2,82	2,40	2,10	1,67	1,29	0,84	0,66	0,51	0,24
0,15	3,31	2,88	2,44	2,11	1,68	1,30	0,84	0,66	0,50	0,23
0,20	3,38	2,93	2,47	2,15	1,70	1,30	0,83	0,65	0,50	0,22
0,25	3,45	2,99	2,50	2,18	1,71	1,30	0,82	0,64	0,49	0,21
0,30	3,52	3,04	2,54	2,20	1,72	1,31	0,82	0,64	0,48	0,20
0,35	3,59	3,10	2,58	2,22	1,73	1,32	0,82	0,64	0,48	0,20
0,40	3,66	3,15	2,61	2,25	1,75	1,32	0,82	0,63	0,47	0,19
0,45	3,74	3,20	2,64	2,26	1,76	1,32	0,82	0,62	0,46	0,18
0,50	3,81	3,27	2,68	2,30	1,77	1,32	0,81	0,62	0,46	0,17
0,55	3,88	3,31	2,72	2,32	1,78	1,32	0,80	0,62	0,45	0,16
0,60	3,96	3,36	2,75	2,34	1,80	1,33	0,80	0,61	0,44	0,16
0,65	4,03	3,40	2,78	2,35	1,81	1,33	0,80	0,60	0,44	0,15
0,70	4,10	3,48	2,82	2,37	1,82	1,33	0,78	0,59	0,43	0,14
0,75	4,17	3,52	2,86	2,41	1,83	1,34	0,78	0,58	0,42	0,13
0,80	4,24	3,60	2,89	2,43	1,84	1,34	0,78	0,58	0,41	0,12
0,85	4,31	3,64	2,92	2,45	1,85	1,34	0,78	0,58	0,40	0,12
0,90	4,38	3,70	2,96	2,48	1,86	1,34	0,77	0,57	0,40	0,11
0,95	4,46	3,75	2,99	2,50	1,87	1,34	0,76	0,56	0,39	0,10

p, %	C_v												
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,5
50	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,85	0,82	0,79	0,75	0,72	0,68	0,66	0,57
60	0,96	0,92	0,88	0,84	0,80	0,76	0,72	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,43
70	0,94	0,88	0,83	0,77	0,72	0,67	0,63	0,58	0,54	0,49	0,45	0,42	0,32
75	0,93	0,86	0,80	0,74	0,68	0,63	0,58	0,53	0,49	0,44	0,40	0,37	0,27
80	0,91	0,84	0,77	0,70	0,64	0,58	0,53	0,48	0,44	0,39	0,35	0,32	0,24
90	0,88	0,78	0,70	0,62	0,55	0,49	0,43	0,38	0,33	0,29	0,26	0,22	0,14
95	0,85	0,74	0,65	0,56	0,49	0,43	0,37	0,32	0,27	0,23	0,20	0,17	0,10
97	0,83	0,72	0,62	0,53	0,46	0,39	0,33	0,28	0,24	0,20	0,17	0,14	0,07
99	0,80	0,67	0,57	0,48	0,40	0,33	0,28	0,23	0,19	0,15	0,12	0,10	0,04
99,5	0,78	0,65	0,55	0,45	0,37	0,31	0,25	0,20	0,17	0,13	0,10	0,08	0,03
99,7	0,76	0,64	0,53	0,43	0,36	0,29	0,24	0,19	0,15	0,12	0,09	0,07	0,02
99,9	0,75	0,61	0,50	0,40	0,33	0,26	0,21	0,16	0,12	0,09	0,08	0,06	0,01

Приложение 7.4

НЕНИЕ

от середины при $\bar{x}=1$ и $C_v=1$ (по Фостеру-Рыбкину)

превышения, %										
50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,9
—0,00	—0,25	—0,52	—0,67	—0,84	—1,28	—1,64	—1,88	—2,33	—3,09
—0,01	—0,26	—0,52	—0,68	—0,84	—1,28	—1,62	—1,86	—2,29	—3,02
—0,02	—0,27	—0,53	—0,68	—0,85	—1,27	—1,61	—1,84	—2,25	—2,95
—0,02	—0,28	—0,54	—0,68	—0,85	—1,26	—1,60	—1,82	—2,22	—2,88
—0,03	—0,28	—0,55	—0,69	—0,85	—1,26	—1,58	—1,79	—2,18	—2,81
—0,04	—0,29	—0,56	—0,70	—0,85	—1,25	—1,56	—1,77	—2,14	—2,74
—0,05	—0,30	—0,56	—0,70	—0,85	—1,24	—1,55	—1,75	—2,10	—2,61
—0,06	—0,30	—0,56	—0,70	—0,85	—1,24	—1,53	—1,72	—2,06	—2,60
—0,07	—0,31	—0,57	—0,71	—0,85	—1,23	—1,52	—1,70	—2,03	—2,54
—0,08	—0,32	—0,58	—0,71	—0,85	—1,22	—1,51	—1,68	—2,00	—2,47
—0,08	—0,33	—0,58	—0,71	—0,85	—1,22	—1,49	—1,66	—1,96	—2,40
—0,09	—0,34	—0,58	—0,72	—0,85	—1,21	—1,47	—1,64	—1,92	—2,32
—0,10	—0,34	—0,59	—0,72	—0,85	—1,20	—1,45	—1,61	—1,88	—2,27
—0,11	—0,35	—0,60	—0,72	—0,85	—1,19	—1,44	—1,59	—1,84	—2,20
—0,12	—0,36	—0,60	—0,72	—0,85	—1,18	—1,42	—1,57	—1,81	—2,14
—0,12	—0,36	—0,60	—0,72	—0,86	—1,18	—1,40	—1,54	—1,78	—2,08
—0,13	—0,37	—0,60	—0,73	—0,86	—1,17	—1,38	—1,52	—1,74	—2,02
—0,14	—0,38	—0,60	—0,73	—0,86	—1,16	—1,36	—1,49	—1,70	—1,96
—0,15	—0,38	—0,61	—0,73	—0,85	—1,15	—1,35	—1,47	—1,66	—1,90
—0,16	—0,38	—0,62	—0,73	—0,85	—1,14	—1,34	—1,44	—1,62	—1,84

G_s	Вероятность									
	0,1	0 33	1	2	5	10	20	25	30	40
1,00	4,55	3,81	3,02	2,53	1,88	1,34	0,76	0,55	0,38	0,09
1,05	4,60	3,86	3,06	2,54	1,88	1,34	0,75	0,54	0,37	0,08
1,10	4,67	3,88	3,09	2,56	1,89	1,34	0,74	0,54	0,36	0,07
1,15	4,74	3,95	3,12	2,59	1,90	1,34	0,74	0,53	0,36	0,06
1,20	4,81	4,04	3,15	2,61	1,91	1,34	0,73	0,52	0,35	0,05
1,25	4,88	4,05	3,18	2,62	1,92	1,34	0,72	0,52	0,35	0,04
1,30	4,95	4,08	3,21	2,64	1,92	1,34	0,72	0,51	0,33	0,04
1,35	5,02	4,10	3,24	2,66	1,93	1,34	0,72	0,50	0,32	0,03
1,40	5,09	4,12	3,27	2,67	1,94	1,34	0,71	0,49	0,31	0,02
1,45	5,16	4,20	3,30	2,69	1,94	1,34	0,70	0,48	0,30	0,01
1,50	5,23	4,28	3,33	2,71	1,95	1,33	0,70	0,47	0,30	0,00
1,55	5,30	4,30	3,36	2,72	1,96	1,33	0,69	0,46	0,29	—0,01
1,60	5,37	4,33	3,39	2,73	1,96	1,33	0,68	0,46	0,28	—0,02
1,65	5,44	4,41	3,42	2,76	1,96	1,32	0,67	0,45	0,27	—0,02
1,70	5,50	4,45	3,44	2,78	1,97	1,32	0,66	0,44	0,26	—0,03
1,75	5,57	4,48	3,47	2,80	1,98	1,32	0,65	0,43	0,25	—0,04
1,80	5,64	4,53	3,50	2,82	1,98	1,32	0,64	0,42	0,24	—0,05
1,85	5,70	4,58	3,52	2,84	1,98	1,32	0,64	0,41	0,23	—0,06
1,90	5,77	4,62	3,55	2,85	1,99	1,31	0,63	0,40	0 22	—0,07
1,95	5,84	4,65	3,58	2,87	2,00	1,30	0,62	0,40	0,21	—0,08
2,00	5,91	4,70	3,60	2,89	2,00	1,30	0,61	0,39	0,20	—0,08
2,05	5,99	4,75	3,63	2,92	2,00	1,30	0,60	0,39	0,20	—0,09
2,10	6,06	4,80	3,65	2,93	2,00	1,29	0,60	0,38	0,19	—0,10
2,15	6,13	4,84	3,68	2,94	2,01	1,28	0,59	0,38	0,18	—0,10
2,20	6,20	4,91	3,70	2,96	2,01	1,28	0,58	0,37	0,17	—0,11
2,25	6,27	4,95	3,72	2,98	2,01	1,27	0,57	0,36	0,16	—0,12
2,30	6,34	4,98	3,75	2,99	2,01	1,27	0,56	0,35	0,15	—0,12
2,35	6,40	5,02	3,77	3,00	2,01	1,26	0,55	0,34	0,14	—0,13
2,40	6,47	5,08	3,79	3,02	2,01	1,25	0,54	0,33	0,13	—0,14
2,45	6,54	5,15	3,81	3,03	2,01	1,25	0,54	0,32	0,13	—0,14
2,50	6,60	5,19	3,83	3,04	2,01	1,24	0,53	0,32	0,12	—0,15
2,55	6,67	5,21	3,85	3,05	2,01	1,23	0,52	0,31	0,11	—0,16
2,60	6,73	5,28	3,87	3,07	2,01	1,23	0,51	0,30	0,10	—0,17
2,65	6,80	5,31	3,89	3,08	2,01	1,22	0,50	0,29	0,09	—0,18
2,70	6,86	5,32	3,91	3,10	2,01	1,21	0,49	0,28	0,08	—0,18
2,75	6,92	5,37	3,93	3,11	2,02	1,21	0,48	0,27	0,07	—0,19
2,80	6,99	5,39	3,95	3,12	2,02	1,20	0,47	0,27	0,06	—0,20
2,85	7,05	5,40	3,97	3,13	2,02	1,20	0,46	0,28	0,05	—0,21
2,90	7,12	5,48	3,99	3,14	2,02	1,19	0,45	0,26	0,04	—0,21

Продолжение

превышения, %									
50	60	70	75	80	90	95	97	99	99,9
—0,16	—0,39	—0,62	—0,73	—0,85	—1,13	—1,32	—1,42	—1,59	—1,79
—0,17	—0,40	—0,62	—0,74	—0,85	—1,12	—1,30	—1,40	—1,56	—1,74
—0,18	—0,41	—0,62	—0,74	—0,85	—1,10	—1,28	—1,38	—1,52	—1,68
—0,18	—0,42	—0,62	—0,74	—0,84	—1,09	—1,26	—1,36	—1,48	—1,63
—0,19	—0,42	—0,63	—0,74	—0,84	—1,08	—1,24	—1,33	—1,45	—1,58
—0,20	—0,42	—0,63	—0,74	—0,84	—1,07	—1,22	—1,30	—1,42	—1,53
—0,21	—0,43	—0,63	—0,74	—0,84	—1,06	—1,20	—1,28	—1,38	—1,48
—0,22	—0,44	—0,64	—0,74	—0,84	—1,05	—1,18	—1,26	—1,35	—1,44
—0,22	—0,44	—0,64	—0,73	—0,83	—1,04	—1,17	—1,23	—1,32	—1,39
—0,23	—0,44	—0,64	—0,73	—0,82	—1,03	—1,15	—1,21	—1,29	—1,35
—0,24	—0,45	—0,64	—0,73	—0,82	—1,02	—1,13	—1,19	—1,26	—1,31
—0,24	—0,46	—0,64	—0,73	—0,82	—1,00	—1,12	—1,16	—1,23	—1,28
—0,25	—0,46	—0,64	—0,73	—0,81	—0,99	—1,10	—1,14	—1,20	—1,24
—0,26	—0,46	—0,64	—0,72	—0,81	—0,98	—1,08	—1,12	—1,17	—1,20
—0,27	—0,47	—0,64	—0,72	—0,81	—0,97	—1,06	—1,10	—1,14	—1,17
—0,28	—0,48	—0,64	—0,72	—0,80	—0,96	—1,04	—1,08	—1,12	—1,14
—0,28	—0,48	—0,64	—0,72	—0,80	—0,94	—1,02	—1,06	—1,09	—1,11
—0,28	—0,48	—0,64	—0,72	—0,80	—0,93	—1,00	—1,04	—1,06	—1,08
—0,29	—0,48	—0,64	—0,72	—0,79	—0,92	—0,98	—1,01	—1,04	—1,05
—0,30	—0,48	—0,64	—0,72	—0,78	—0,91	—0,96	—0,99	—1,02	—1,02
—0,31	—0,49	—0,64	—0,71	—0,78	—0,90	—0,95	—0,97	—0,99	—1,00
—0,32	—0,49	—0,64	—0,71	—0,77	—0,89	—0,94	—0,95	—0,96	—0,98
—0,32	—0,49	—0,64	—0,70	—0,76	—0,88	—0,93	—0,93	—0,94	—0,95
—0,32	—0,49	—0,63	—0,70	—0,76	—0,86	—0,92	—0,92	—0,92	—0,93
—0,33	—0,49	—0,63	—0,69	—0,75	—0,85	—0,90	—0,90	—0,90	—0,91
—0,34	—0,49	—0,63	—0,68	—0,74	—0,83	—0,88	—0,88	—0,89	—0,89
—0,34	—0,49	—0,62	—0,68	—0,73	—0,82	—0,86	—0,86	—0,87	—0,87
—0,34	—0,50	—0,62	—0,67	—0,72	—0,81	—0,84	—0,84	—0,85	—0,85
—0,35	—0,50	—0,62	—0,66	—0,71	—0,79	—0,82	—0,82	—0,83	—0,83
—0,36	—0,50	—0,62	—0,66	—0,70	—0,78	—0,80	—0,80	—0,82	—0,82
—0,36	—0,50	—0,61	—0,65	—0,70	—0,77	—0,79	—0,79	—0,80	—0,80
—0,36	—0,50	—0,61	—0,65	—0,69	—0,75	—0,78	—0,78	—0,78	—0,78
—0,37	—0,50	—0,60	—0,64	—0,68	—0,74	—0,76	—0,76	—0,77	—0,77
—0,37	—0,50	—0,60	—0,64	—0,67	—0,73	—0,75	—0,75	—0,75	—0,75
—0,38	—0,50	—0,60	—0,63	—0,67	—0,72	—0,73	—0,73	—0,74	—0,74
—0,38	—0,50	—0,59	—0,63	—0,66	—0,71	—0,72	—0,72	—0,72	—0,73
—0,38	—0,50	—0,59	—0,62	—0,65	—0,70	—0,71	—0,71	—0,71	—0,71
—0,39	—0,50	—0,59	—0,62	—0,64	—0,69	—0,70	—0,70	—0,70	—0,70
—0,39	—0,50	—0,58	—0,61	—0,64	—0,67	—0,68	—0,68	—0,69	—0,69

C_s	Вероятность									
	0,1	0,33	1	2	5	10	20	25	30	40
2,95	7,18	5,53	4,00	3,15	2,02	1,18	0,44	0,25	0,04	—0,22
3,00	7,22	5,55	4,02	3,16	2,02	1,18	0,42	0,25	0,03	—0,23
3,10	7,29	5,55	4,09	3,20	1,97	1,11	0,37	0,17	0,010	—0,23
3,20	7,35	5,60	4,11	3,22	1,96	1,09	0,35	0,15	—0,006	—0,25
3,30	7,44	5,63	4,15	3,23	1,95	1,08	0,33	0,13	—0,022	—0,26
3,40	7,54	5,71	4,18	3,24	1,94	1,06	0,31	0,11	—0,036	—0,27
3,50	7,64	5,78	4,21	3,25	1,93	1,04	0,29	0,08	—0,049	—0,28
3,60	7,72	5,84	4,24	3,26	1,93	1,03	0,28	0,06	—0,072	—0,28
3,70	7,86	5,90	4,26	3,27	1,91	1,01	0,26	0,06	—0,084	—0,29
3,80	7,97	5,96	4,29	3,28	1,90	1,00	0,24	0,03	—0,095	—0,30
3,90	8,08	6,02	4,32	3,29	1,90	0,98	0,23	0,02	—0,11	—0,30
4,00	8,17	6,08	4,34	3,30	1,90	0,96	0,21	0,01	—0,12	—0,31
4,10	8,29	6,13	4,36	3,31	1,89	0,95	0,20	0,00	—0,13	—0,31
4,20	8,38	6,18	4,39	3,32	1,88	0,93	0,19	—0,01	—0,13	—0,31
4,30	8,49	6,22	4,40	3,34	1,87	0,92	0,17	—0,02	—0,14	—0,32
4,40	8,60	6,27	4,42	3,34	1,86	0,91	0,15	—0,03	—0,15	—0,32
4,50	8,69	6,31	4,44	3,35	1,85	0,89	0,14	—0,04	—0,16	—0,32
4,60	8,79	6,33	4,46	3,35	1,84	0,87	0,13	—0,05	—0,18	—0,32
4,70	8,89	6,40	4,49	3,36	1,83	1,85	0,11	—0,06	—0,18	—0,32
4,80	8,96	6,44	4,50	3,37	1,81	0,82	0,10	—0,08	—0,19	—0,32
4,90	9,04	6,48	4,51	3,37	1,80	0,80	0,08	—0,09	—0,19	—0,33
5,00	9,12	6,52	4,54	3,37	1,78	0,78	0,07	—0,10	—0,20	—0,33
5,10	9,20	6,55	4,57	3,37	1,76	0,76	0,05	—0,11	—0,21	—0,33
5,20	9,27	6,58	4,59	3,38	1,74	0,73	0,04	—0,12	—0,21	—0,33

Приложение 7 5

МАТЕРИАЛЫ
к расчету ливневых расходов воды

Таблица 1

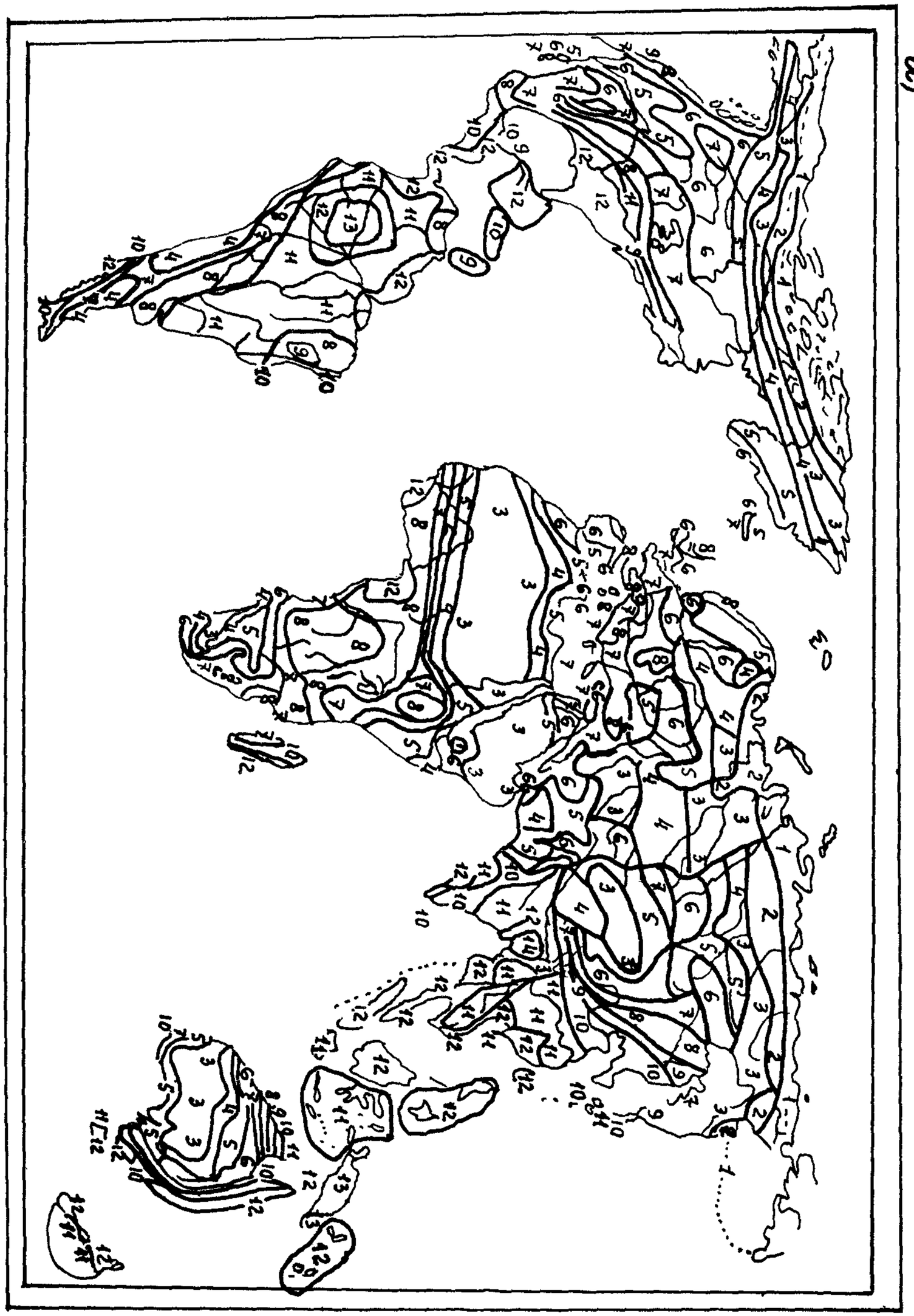
№ районов (см Карту-схему)	Максимальная часовая интенсивность дождя $a_{час}$, мм/мин для вероятностей повышения, %							
	10	5	4	3	2	1	0,3	0,1
1	0,2	0,27	0,29	0,32	0,34	0,4	0,49	0,57
2	0,29	0,36	0,39	0,42	0,45	0,5	0,61	0,75
3	0,29	0,41	0,47	0,52	0,58	0,7	0,95	1,15
4	0,45	0,69	0,64	0,69	0,74	0,9	1,14	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	1,5	1,77
8	0,79	0,98	1,07	1,15	1,24	1,41	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
11	1,13	1,40	1,50	1,64	1,79	2,0	2,40	2,7
12	1,60	1,85	1,95	2,06	2,22	2,42	2,72	3,0
13	2,90	3,20	3,35	3,50	3,63	3,86	4,20	4,48
14	3,90	4,27	4,39	4,50	4,70	4,93	5,40	5,70

превышения, %

50	60	70	75	80	90	95	97	99	99 9
—0,40	—0,50	—0,58	—0,61	—0,63	—0,66	—0,67	—0,67	—0,68	—0,68
—0,40	—0,50	—0,57	—0,60	—0,62	—0,65	—0,66	—0,66	—0,67	—0,67
—0,40	—0,51	—0,58	—0,60	—0,62	—0,64	—0,64	—0,65	—0,65	—0,65
—0,41	—0,51	—0,57	—0,59	—0,61	—0,62	—0,62	—0,62	—0,62	—0,62
—0,41	—0,50	—0,56	—0,58	—0,59	—0,60	—0,61	—0,61	—0,61	—0,61
—0,41	—0,50	—0,55	—0,57	—0,58	—0,59	—0,59	—0,59	—0,59	—0,59
—0,41	—0,50	—0,54	—0,55	—0,56	—0,57	—0,57	—0,57	—0,57	—0,57
—0,42	—0,49	—0,54	—0,54	—0,55	—0,56	—0,56	—0,56	—0,56	—0,56
—0,42	—0,48	—0,52	—0,53	—0,54	—0,54	—0,54	—0,54	—0,54	—0,54
—0,42	—0,48	—0,51	—0,52	—0,52	—0,53	—0,53	—0,53	—0,53	—0,53
—0,41	—0,47	—0,50	—0,51	—0,51	—0,51	—0,51	—0,51	—0,51	—0,51
—0,41	—0,46	—0,49	—0,49	—0,50	—0,50	—0,50	—0,50	—0,50	—0,50
—0,41	—0,46	—0,48	—0,48	—0,49	—0,49	—0,49	—0,49	—0,49	—0,49
—0,41	—0,47	—0,47	—0,47	—0,48	—0,48	—0,48	—0,48	—0,48	—0,48
—0,40	—0,44	—0,46	—0,46	— 0,46	—0,46	—0,46	—0,46	—0,46	—0,46
—0,40	—0,44	—0,45	—0,45	—0,46	—0,46	—0,46	—0,46	—0,46	—0,46
—0,40	—0,43	—0,44	—0,44	—0,44	—0,44	—0,44	—0,44	—0,44	—0,44
—0,40	—0,42	—0,43	—0,43	—0,44	—0,44	—0,44	—0,44	—0,44	—0,44
—0,40	—0,42	—0,42	—0,42	—0,43	—0,43	—0,43	—0,43	—0,43	—0,43
—0,39	—0,41	—0,42	—0,42	—0,42	—0,42	—0,42	—0,42	—0,42	—0,42
—0,39	—0,40	—0,41	—0,41	—0,41	—0,41	—0,41	—0,41	—0,41	—0,41
—0,38	—0,40	—0,40	—0,40	—0,40	—0,40	—0,40	—0,40	—0,40	—0,40
—0,38	—0,39	—0,39	—0,39	—0,39	—0,39	—0,39	—0,39	—0,39	—0,39
—0,37	—0,38	—0,38	—0,38	—0,38	—0,38	—0,38	—0,38	—0,38	—0,38

Таблица 2

F, км²	Коэффициент учета неравномерности распределения осадков h_F для ливневых районов (см. Карту-схему)					
	1—2—3	4—5	6—7	8—9	10—11	12—13—14
20	0,98	1	1	1	1	1
60	0,95	1	1	1	1	1
100	0,90	1	1	1	1	1
1000	0,77	0,95	0,98	0,98	0,98	0,99
10000	0,56	0,74	0,85	0,91	0,93	0,94
60000	0,37	0,46	0,66	0,72	0,82	0,88
100000	0,26	0,34	0,61	0,69	0,78	0,85



a)

б)

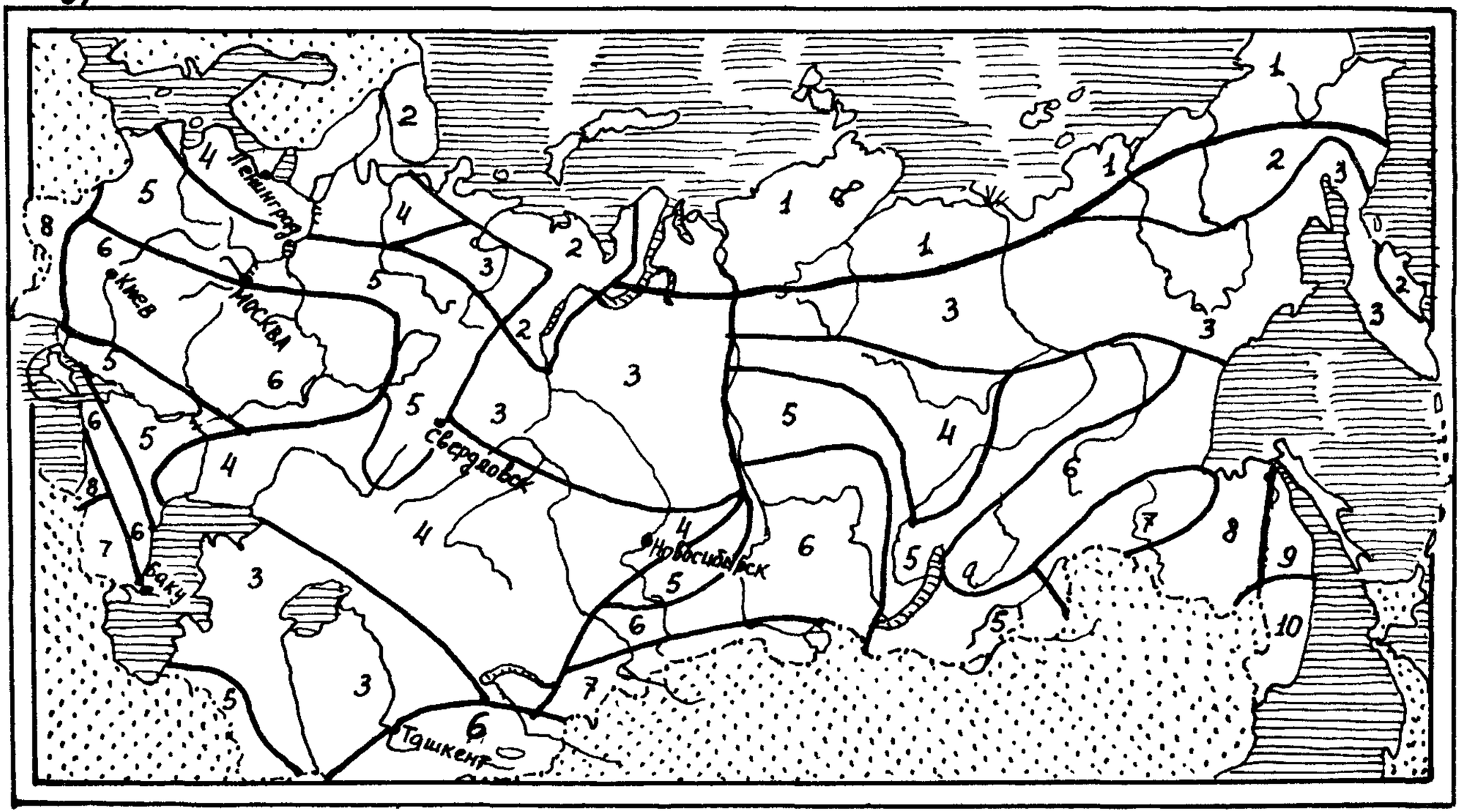


Рис Карта-схема ливневых районов: *а*—земного шара; *б*—СССР (Цифрами показаны номера районов)

Таблица 3

Районы и их номера	Коэффициент склонового стока α_p для вероятностей превышения, %				
	0,33	1	2	3	10
Приморье ДВК, северные районы Вьетнама, Непал. Индонезия, северная Индия, восточный Пакистан, Лаос (№ 12, 13, 14)	1	1—0,9	0,9—0,8	0,8—0,7	0,55—0,45
Хабаровский край, Черноморское побережье Кавказа, восточное Закавказье, ливнеопасные предгорные районы Средней Азии, западный Пакистан (№ 8—10, 11)	1—0,9	0,9—0,8	0,8—0,7	0,7—0,6	0,45
Ливнеопасные районы Карпат, Крыма, Афганистана, Йемена, восточного Ирана и Ирака (№ 7—6)	0,9—0,8	0,8—0,7	0,7—0,6	0,6 —0,5	0,35—0,4
Забайкалье, предгорье Карпат, горные и предгорные районы Среднего Урала, лесостепная зона Европейской части СССР, Монголия (№ 4—5)	0,8—0,7	0,7—0,6	0,6—0,55	0,55—0,5	0,3—0,25
Степная зона Европейской части СССР, Южный Урал, Западная Сибирь (№ 3—4)	0,7—0,65	0,65—0,55	0,55—0,45	0,45—0,4	0,3—0,2
Пустынные и полупустынные районы Средней Азии, Афганистана, Центральной Индии и Центральной Азии; южные районы тундры (№ 1—2)	0,6—0,5	0,5—0,45	0,45—0,35	0,35—0,30	0,25—0,2

Таблица 4

F, км²	Коэффициент редукции часовой интенсивности осадков k_t для ливневых районов СССР (см. Карту-схему)				
	1	2, 3, 4,	5, 6, 7	8, 9, 10	11, 12, 13, 14
10	0,93	0,95	1,00	0,80	0,75
50	0,80	0,65	0,89	0,77	0,70
100	0,70	0,80	0,80	0,75	0,65
300	0,69	0,75	0,70	0,70	0,60
500	0,66	0,70	0,50	0,67	0,52
1000	0,63	0,65	0,60	0,62	0,45
3000	0,60	0,63	0,57	0,51	0,42
5000	0,55	0,60	0,55	0,42	0,40
10000	0,52	0,55	0,45	0,35	0,35
50000	0,50	0,50	0,40	0,30	0,30
100000	0,46	0,42	0,33	0,25	0,27

Приложение 7.6

МАТЕРИАЛЫ
к расчету селевых потоков

Таблица 1

Индекс комплекса	Состав комплексов селеформирующих пород
1	Скальные и полускальные породы, легко размываемые аспидные и глинистые сланцы, песчаники, мергели, мергелистые известняки, аргиллиты
2	Связные глинисто-песчаные породы верхней юры и олигоцен-миоцена, глины, аргиллиты, песчаники с прослоями мергелей и конгломератов
3	Грубообломочные моллассовые отложения со связными и песчаными породами миоплиоцена, конгломераты с прослоями и линзами глин, суглинков и рыхлых песчаников
4	Скальные породы вулканногенно-осадочной формации байоса и среднего эоцена, роговообманковые и альбитовые порфириты из туфа, туфопесчаники, туфобрекчии, лавовые брекчии
5	Высокопрочные породы, кристаллические сланцы, филлиты, анизотропные гнейсы, гранитоиды
6	Высокопрочные скальные породы карбонатной формации мела и верхней юры, брекчированные и доломитизированные известняки, доломиты, песчанистые и мергелистые известняки

Таблица 2

№ категорий	Характер и степень развития эрозионных процессов	Индекс комплекса селеформирующих пород	Удельные коэффициенты селеактивности очагов	
			I—примыкающие к селевым руслам	II—не связанные непосредственно с русловой сетью
1	Мощные эрозионные врезы, заполненные рыхлообломочным материалом Зоны накопления рыхлообломочного материала у границ ледников и снежников Конусы выноса селевых притоков и лавинных лотков Русла и террасы главного тальвега и основных притоков, сложенные мощными отложениями рыхлых материалов, с неустойчивыми склонами, подрезаемыми при проходе высоких вод	1 2 3 4 5 6	1,0 0,95 0,90 0,85 0,80 0,75	0,9 0,85 0,80 0,75 0,70 0,65
2	Обнаженные крутопадающие склоны, подверженные интенсивному выветриванию, зоны развития обвалов, камнепадов, оползней и осыпей	1 2 3 4 5 6	0,70 0,65 0,60 0,55 0,50 0,45	0,60 0,55 0,50 0,45 0,40 0,35
3	Зоны под пахотой или изреженным лесом и кустарником с выбитой подстилкой, с повреждением коренных пород	1 2 3 4 5	0,40 0,35 0,30 0,25 0,20	0,30 0,25 0,20 0,15 0,10
4	Зоны под сомкнутым лесом с нормальной подстилкой, но при плохо организованном лесном хозяйстве с возможным образованием карчехода и заломов	—	0,10	0,05
5	Зоны под альпийскими лугами с полноценным дерновым покровом и нормально организованным выпасом скота	—	0,05	0,03
6	Зоны под сомкнутым лесом с полноценной подстилкой и правильно организованным лесным хозяйством	—	0,03	0,01

Таблица 3

I, ‰	Коэффициенты селенасыщенности $k_{S1\%}$ при коэффициентах селеактивности бассейна μ											
	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,70	1,00
1000	1,199	0,369	0,511	0,664	0,811	0,865	0,884	0,916	0,928	0,933	0,943	0,950
700	0,170	0,330	0,454	0,616	0,782	0,841	0,871	0,899	0,913	0,921	0,930	0,936
600	0,159	0,312	0,433	0,593	0,764	0,828	0,861	0,891	0,906	0,915	0,925	0,930
500	0,145	0,288	0,404	0,566	0,745	0,813	0,847	0,879	0,896	0,906	0,916	0,923
400	0,128	0,258	0,370	0,529	0,715	0,789	0,826	0,864	0,882	0,892	0,904	0,912
300	0,105	0,220	0,322	0,477	0,670	0,752	0,794	0,837	0,058	0,871	0,885	0,895
200	0,078	0,169	0,255	0,396	0,594	0,685	0,738	0,787	0,819	0,830	0,847	0,860
150	0,062	0,135	0,210	0,338	0,532	0,627	0,682	0,740	0,770	0,783	0,810	0,824
100	0,043	0,111	0,149	0,255	0,434	0,533	0,593	0,660	0,695	0,718	0,743	0,762
70	0,030	0,068	0,106	0,191	0,345	0,440	0,501	0,572	0,623	0,637	0,665	0,688
50	0,021	0,048	0,078	0,140	0,267	0,352	0,410	0,481	0,521	0,548	0,579	0,603
35	0,014	0,033	0,054	0,098	0,196	0,264	0,313	0,377	0,416	0,443	0,474	0,499
20	0,0072	0,017	0,030	0,054	0,112	0,157	0,193	0,241	0,272	0,294	0,322	0,345
10	0,0033	0,0077	0,013	0,024	0,054	0,077	0,096	0,111	0,143	0,154	0,174	0,190
5	0,0014	0,0035	0,006	0,011	0,026	0,038	0,047	0,061	0,071	0,078	0,088	0,096
2	0,0010	0,0013	0,0023	0,0054	0,010	0,014	0,018	0,024	0,028	0,031	0,034	0,038
1	0,0033	0,0006	0,0011	0,0021	0,0047	0,0071	0,0038	0,013	0,014	0,016	0,017	0,018

Таблица 4

I, ‰	Коэффициент относительной устойчивости русла ξ при среднем диаметре отложений, мм											
	10	20	30	50	70	100	150	200	300	500	700	1000
1000										1,00	0,99	0,97
700										0,99	0,97	0,95
600									1,00	0,98	0,96	0,93
500									0,99	0,96	0,94	0,91
400								1,00	0,98	0,94	0,91	0,88
300							1,00	0,98	0,95	0,90	0,86	0,82
200						1,00	0,97	0,94	0,89	0,83	0,78	0,73
150					1,00	0,97	0,93	0,90	0,84	0,77	0,72	0,66
100				1,00	0,96	0,92	0,86	0,82	0,75	0,67	0,61	0,56
70			1,00	0,96	0,91	0,86	0,79	0,74	0,66	0,58	0,52	0,47
50		1,0	0,98	0,90	0,85	0,78	0,71	0,65	0,58	0,49	0,44	0,39
35		0,98	0,92	0,83	0,77	0,70	0,62	0,57	0,50	0,42	0,37	0,32
30	1,00	0,89	0,81	0,71	0,64	0,57	0,49	0,44	0,38	0,31	0,27	0,24
10	0,88	0,74	0,55	0,55	0,48	0,42	0,36	0,32	0,27	0,22	0,19	0,16

ЗНАЧЕНИЯ

функций $f_1(z/h_0)$ и $f_2\left(\frac{z+h_0}{h_0}\right)$

Таблица 1

$\frac{z}{h_0}$	$f_1\left(\frac{z}{h_0}\right)$	$\frac{z}{h_0}$	$f_1\left(\frac{z}{h_0}\right)$	$\frac{z}{h_0}$	$f_1\left(\frac{z}{h_0}\right)$	$\frac{z}{h_0}$	$f_1\left(\frac{z}{h_0}\right)$
0,010	0,0067	0,280	1,3054	0,610	1,8112	0,940	2,2148
0,015	0,1452	0,290	1,3243	0,620	1,8243	0,950	2,2264
0,020	0,2444	0,300	1,3428	0,630	1,8373	0,960	2,2380
0,025	0,3222	0,310	1,3610	0,640	1,8503	0,970	2,2496
0,030	0,3863	0,320	1,3789	0,650	1,8631	0,980	2,2611
0,035	0,4411	0,330	1,3964	0,660	1,8759	0,990	2,2725
0,040	0,4889	0,340	1,4136	0,670	1,8887	1,000	2,2839
0,045	0,5316	0,350	1,4306	0,680	1,9014	1,200	2,5083
0,050	0,5701	0,360	1,4473	0,690	1,9140	1,300	2,6179
0,055	0,6053	0,370	1,4638	0,700	1,9266	1,400	2,7264
0,060	0,6376	0,380	1,4801	0,710	1,9392	1,500	2,8337
0,065	0,6677	0,390	1,4962	0,720	1,9517	1,600	2,9401
0,070	0,6958	0,400	1,5119	0,730	1,9641	1,700	3,0458
0,080	0,7472	0,410	1,5275	0,740	1,9765	1,800	3,1508
0,090	0,7933	0,420	1,5430	0,750	1,9888	1,900	3,2553
0,100	0,8353	0,430	1,5583	0,760	2,0010	2,000	3,3594
0,110	0,8739	0,440	1,5734	0,770	2,0132	2,100	3,4631
0,120	0,9098	0,450	1,5884	0,780	2,0254	2,200	3,5564
0,130	0,9434	0,460	1,6032	0,790	2,0375	2,300	3,6694
0,140	0,9751	0,470	1,6179	0,800	2,0495	2,400	3,7720
0,150	1,0051	0,480	1,6324	0,810	2,0615	2,500	3,8745
0,160	1,0335	0,490	1,6568	0,820	2,0735	2,600	3,9768
0,170	1,0608	0,500	1,6611	0,830	2,0855	2,700	4,0789
0,180	1,0869	0,510	1,6753	0,840	2,0975	2,800	4,1808
0,190	1,1119	0,520	1,6893	0,850	2,1095	2,900	4,2826
0,200	1,1361	0,530	1,7032	0,860	2,1213	3,000	4,3843
0,210	1,1595	0,540	1,7170	0,870	2,1331	3,500	4,8993
0,220	1,1821	0,550	1,7308	0,880	2,1449	4,000	5,3958
0,230	1,2040	0,560	1,7444	0,890	2,1567	4,500	5,8993
0,240	1,2254	0,570	1,7589	0,900	2,1683	5,000	6,4120
0,250	1,2461	0,580	1,7714	0,910	2,1800	5,000	Уровень воды горизонтален
0,260	1,2664	0,590	1,7848	0,920	2,1916		
0,270	1,2861	0,600	1,7980	0,930	2,2032		

Таблица 2

$\frac{z+h_0}{h_0}$	$f_2\left(\frac{z+h_0}{h_0}\right)$	$\frac{z+h_0}{h_0}$	$f_2\left(\frac{z+h_0}{h_0}\right)$	$\frac{z+h_0}{h_0}$	$f_2\left(\frac{z+h_0}{h_0}\right)$	$\frac{z+h_0}{h_0}$	$f_2\left(\frac{z+h}{h_0}\right)$
1,000	—	1,160	0,865	1,370	1,221	1,900	1,850
1,005	—0,102	1,170	0,887	1,380	1,235	1,950	1,904
1,010	+0,074	1,180	0,908	1,390	1,249	2,000	1,957
1,015	0,179	1,190	0,928	1,400	1,262	2,100	2,063
1,020	0,254	1,200	0,948	1,410	1,276	2,200	2,168
1,025	0,313	1,210	0,967	1,420	1,289	2,300	2,272
1,030	0,362	1,220	0,985	1,430	1,302	2,400	2,376
1,035	0,403	1,230	1,003	1,440	1,315	2,500	2,478
1,040	0,440	1,240	1,021	1,450	1,328	2,600	2,581
1,045	0,473	1,250	1,038	1,460	1,341	2,700	2,683
1,050	0,502	1,260	1,055	1,470	1,354	2,800	2,785
1,060	0,554	1,270	1,071	1,480	1,367	2,900	2,886
1,070	0,599	1,280	1,087	1,490	1,379	3,000	2,988
1,080	0,639	1,290	1,103	1,500	1,392	3,500	3,492
1,090	0,675	1,300	1,119	1,550	1,453	4,000	3,995
1,100	0,708	1,310	1,134	1,600	1,513	4,500	4,496
1,110	0,738	1,320	1,149	1,650	1,571	5,000	4,997
1,120	0,766	1,330	1,164	1,700	1,628	6,000	5,998
1,130	0,793	1,340	1,178	1,750	1,685	8,000	7,999
1,140	0,818	1,350	1,193	1,800	1,740	10,000	10,000
1,150	0,842	1,360	1,207	1,850	1,795	∞	∞

Приложение 8.2

ПРИМЕР

расчета максимального расхода прорывной волны некапитальной плотины

Трасса дороги пересекает постоянный водоток с площадью водосбора до створа перехода 373 км^2 Выше перехода в 3 км расположена некапитальная плотина длиной $B_п = 150$ м с максимальным напором $H_н = 4{,}0$ м; объем создаваемого плотиной водохранилища $W_0 \approx 0{,}6 \times 10^6$, м^3.

Обследованием установлено, что земляная плотина с деревянным водоспуском построена в конце 30-х годов, проект не сохранился, а общее ее состояние неудовлетворительное

На основании данных обследования сделано заключение о возможности прорыва плотины

Расход при прорыве определяем по формуле (8 26), пользуясь данными табл 8 1.

$$Q_п = 150 \cdot 4^{3/2} \cdot 0{,}38 = 455 \text{ м}^3/\text{с}$$

Створ плотины замыкает водосборную площадь $F_{пл} = 360$ км^2, для которой вычислены параметры превалирующего максимального ливневого стока $Q_{1\%} = 250$ м^3/с и $W_{1\%} = 3{,}1 \times 10^6$ м^3.

Так как $Q_п > Q_{1\%}$, гидрограф волны прорыва-паводка будет соответствовать изображенному на рис 8 4, *б*

Приращение площади водосбора на участке плотины—переход $\Delta F = 373 - 360 = 13$ км$^2 < 0{,}2F$, следовательно участок $l_н = 3000$ м будет транзитным (см. п. 8, п. 8,3); на этом участке произойдет распластывание волны прорыва—павод-

ка и уменьшение максимальной ординаты ее гидрографа $Q_{п}$ Средний уклон в нижнем бьефе плотины $i=1^0/_{00}$ Расход в створе перехода определим по формуле (8 29) (водохранилище имеет собственный бассейн)

$$Q_{пм}=\frac{(0{,}6\cdot10^6+3{,}1\cdot10^6)\cdot455\cdot1^{0{,}14}}{(0{,}6\cdot10^6+3{,}1\cdot10^6)\cdot1^{0\,14}+1{,}2\cdot455\cdot3000}=314\ м^3/с$$

Величина расчетного для перехода расхода уменьшилась на 30%

Для рассмотренного объекта определим расстояние $l_н$, на котором будет иметь место равенство $Q_{п}=Q_{р\%}$ По формуле (8 31) для ранее приведенных величин $Q_{п}$, $Q_{1\%}$, W_0, $W_{1\%}$ и $i^0/_{00}$ получим

$$l'_н=\frac{(455-250)\cdot(0{,}6\cdot10^6+3{,}1\cdot10^6)\cdot1}{1{,}2\cdot455\cdot250}=5420\ м$$

Следовательно, чтобы снизить расчетный расход до $Q_{пм}=250$ м^3/с, трассу перехода пришлось бы сместить вниз по течению водотока на $5420-3000=$ $=2420$ м, где проходит примерная граница зоны влияния плотины в ее нижнем бьефе

Приложение 10 1

ПРИМЕР

расчета отверстия и общего размыва под мостом

Исходные данные Створ мостового перехода совпадает с морфоствором (см прил 3 2) Вероятность расчетного расхода 1% Геолого литологический разрез по створу перехода представлен на рис русло сложено галечно-гравийным материалом (считаем однородным) со средним диаметром частиц 25 мм, на левой пойме до отметки 119,0 м—супеси с расчетным сцеплением $C_р=0{,}06\ 10^5$ Па, на правой пойме до отметки 119,0—суглинки с $C_р=0{,}2\ 10^5$ Па

Решение

1 Определяєм ширину уширения русла $B_{уш}$ по формуле (14,2) при условии, что $L_м\approx B_{уш}$ При $Q_{1\%}=4650$ м^2/с, $Q_р=2550$ м^3/с и ширине русла в бытовых условиях $B_р=145$ м (см рис Д прил 3 2) $B_{уш}=145\sqrt{\frac{4650}{2550}}=192$ м

2 Назначаем отверстие моста $L_м=195$ м, причем левую и правую пойменные части ($l_{пл}$ и $l_{пп}$) принимаем пропорционально расходам воды, проходящей по левой и правой поймам в естественных условиях $Q_{п\,л}/Q_{п\,п}\ \frac{16\%}{36\%}$ Тогда

$L_м=l_{пл}+B_р+l_{пп}=15$ м$+145$ м$+35$ м

Назначаем срезку грунта на пойменных частях отверстия до отметки 120,0 м (на 0,5 м выше наблюденного в осенний период), на 1,5 м не доходя до подошвы конусов

3 Определяем площадь подмостового сечения до размыва при глубинах потока в русле $H_р=6{,}15$ м, на поймах со срезкой грунта $H_{пл}=H_{пп}=5{,}15$ м и на участках без срезки на левой и правой пойменной части соответственно 2,55 м и 3,15 м

$$\omega_{дм}=1{,}5\cdot2{,}55+13{,}5\cdot5{,}15+145\cdot6{,}15+33{,}5\cdot5{,}15+1{,}5\cdot3{,}15=1140{,}5\ м^2$$

Средняя глубина потока под мостом до размыва $H_{др}\ \frac{\omega_{дм}}{L_м}\ \frac{1140{,}5}{195}=5{,}85$ м

(При этом для каждой части отверстия имеем $\omega_{пл}=73{,}3$ м^2 и $H_{др(пл}=$ $=4{,}9$ м, $\omega_р=890$ м^2 и $H_{дрр}=6{,}15$ м, $\omega_{пп}=177{,}2$ м^2 и $H_{др(пп)}=5{,}05$ м)

4 Определяем коэффициент общего размыва подмостового сечения P

При удельном расходе под мостом $q_м\frac{Q}{L_м}=\frac{4650}{195}=23{,}85$ м^2/с по графику

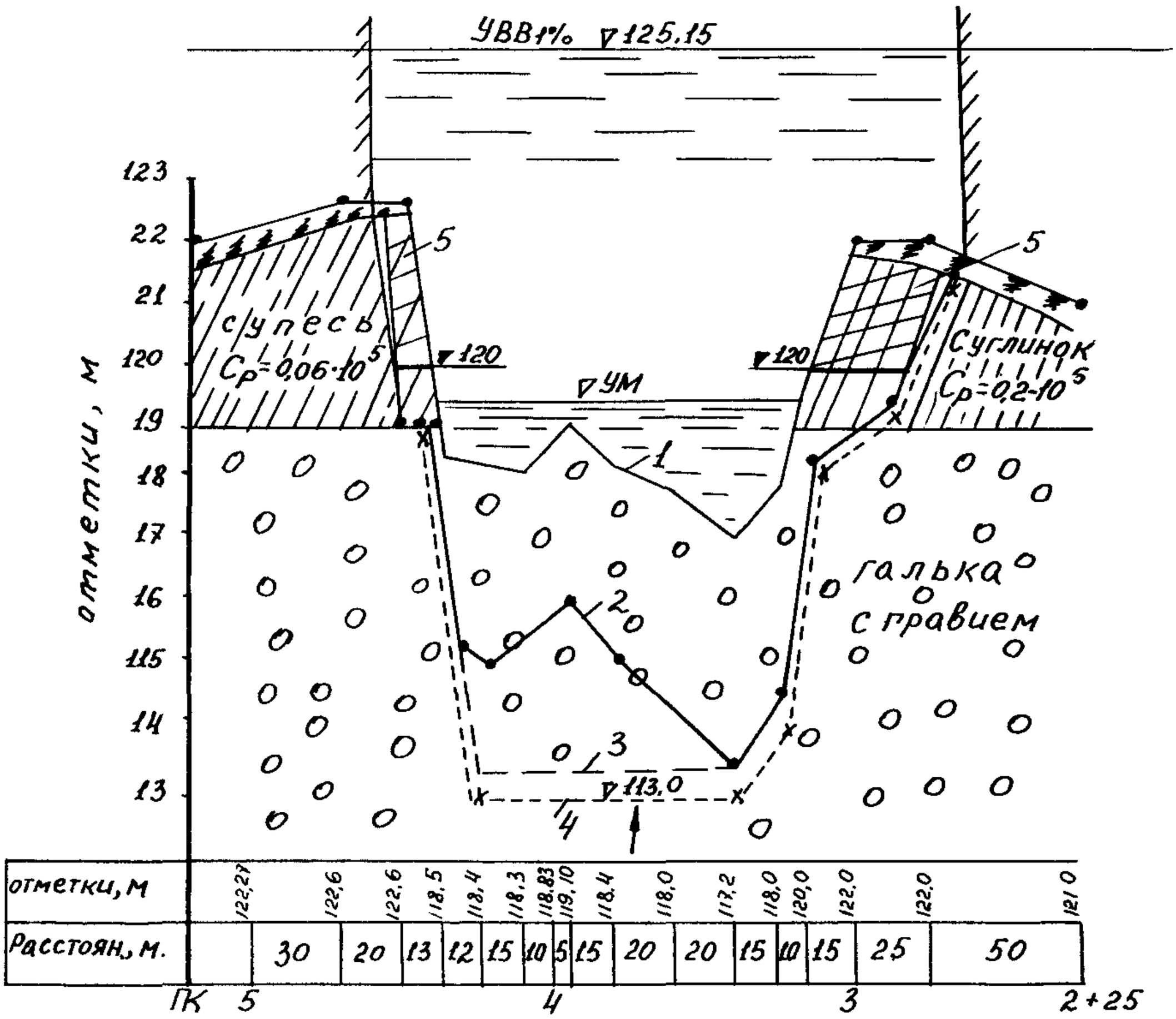


Рис. Расчет линии общего размыва под мостом: *1*—профиль подмостового сечения до размыва; *2*—линия общего размыва без учета руслового процесса; *3*—то же с учетом руслового процесса; *4*—то же с учетом увеличения глубин размыва на 15%; *5*—срезка грунта

(рис. 10 5) для среднего диаметра частиц грунта, подстилающего русло, $d=25$ мм получаем среднюю глубину потока под мостом после размыва $H_{пр}\approx 8{,}8$ м.

$$P=\frac{H_{пр}}{H_{др}}=\frac{8{,}8}{5{,}85}=1{,}51<P_{доп}$$

Следовательно, для выбранного отверстия требования норм соблюдены. Возможно при необходимости и сокращение отверстия (Отметим, что при определении $H_{пр}$ пользовались графиком, а не расчетными формулами, поскольку требовалось определение коэффициента P, величина которого не будет входить в последующие расчеты).

Отверстие моста располагается на участке ПК 2+65 — ПК 4+60.

5. Определяем среднюю глубину потока после размыва в русловой части моста $H_{прр}$ в такой последовательности. Предварительно по формуле (10.19) находим коэффициент увеличения расхода воды в естественном русле

$$R_Q=1+\frac{890}{1140{,}5}\left(\frac{4650}{2550}-1\right)=1{,}64.$$

Расход в русловой части отверстия по формуле (10 17)

$$Q_р = 2550 \cdot 1{,}64 = 4180 \text{ м}^3/\text{с};$$

удельный расход в русловой части отверстия

$$q_м = \frac{Q_р}{B_р} = \frac{4180}{145} = 28{,}8 \text{ м}^2/\text{с};$$

по формуле (10 24) при $\beta = 1$ и $d = 0{,}025$ м

$$H_{прр} = 0{,}93 \left(\frac{28{,}8}{\sqrt{9{,}8} \cdot 0{,}025^{0\,2}} \right)^{0\,77} = 0{,}93 \cdot 9{,}68 = 9{,}0 \text{ м}$$

6 По формуле (10 20) определяем расходы воды, проходящие соответственно по левой и правой пойменным частям отверстия, при $Q - Q_р = 4650 - 4180 = 470$ м^3/с и данных п 3 настоящего примера

$$Q_{пл} = \frac{73\,3 \cdot 4{,}9^{2/3}}{73{,}3 \cdot 4{,}9^{2/3} + 177{,}2 \cdot 5{,}05^{2/3}} 470 = \frac{212}{212 + 506} 470 = 139 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{пп} = \frac{506}{212 + 506} 470 = 331 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Удельные расходы соответственно равны

$$q_{пл} = \frac{Q_{пл}}{l_{пл}} = \frac{139}{15} = 9{,}26 \text{ м}^2/\text{с}, \; q_{пп} = 331/35 = 9{,}45 \text{ м}^2/\text{с}$$

7 Далее по формуле (10 27) рассчитываем глубины потока после размыва для пойменных частей отверстия В формуле принимаем $n = 0{,}034$ (как для русла—см рис Д в прил 3 2), $\varepsilon = 1$, поскольку в русле нет песчаных наносов, $k_t = k_c = 1$, поскольку суглинки талые и незасоленные

При расчетном сцеплении связного грунта $C_р = 0{,}06 \cdot 10^5$ Па на левой пойме

$$H_{пр(л)} = \left(\frac{9{,}26 \cdot 0{,}034}{0{,}033 \cdot \sqrt{0{,}54 + 10^{-4} \cdot 0{,}06 \cdot 10^5}} \right)^{6/7} = 12{,}6 \text{ м}$$

При этой глубине обнажается гравийный материал со средним диаметром частиц $d = 0{,}025$ м (он залегает на обеих поймах с отметки 119,0 м) Поэтому расчет надо вести на нижележащий грунт По формуле (10 24) как для участка, расположенного на ширине уширенного русла

$$H_{пр(л)} = 0{,}93 \left(\frac{9\,26}{0{,}025^{0{,}2} \sqrt{9{,}8}} \right)^{0{,}77} = 3{,}78 \text{ м}$$

При полученной глубине потока отметка дна равна $125{,}15 - 3{,}78 = 121{,}37 \text{ м} > 119{,}0$ м, т е не обнажается гравийный материал (см рис 1) Следовательно, к расчету следует принимать глубину размыва на границе слоев, т е $H_{пр(л)} = 125{,}15 - 119{,}0 = 6{,}15$ м

На правои пойменной части отверстия сверху залегает суглинок с расчетным сцеплением $C_р = 0{,}20 \cdot 10^5$ Па Тогда по формуле (10 27)

$$H_{пр(п)} = \left(\frac{9\,45 \cdot 0{,}034}{0{,}033 \cdot \sqrt{0{,}054 + 10^{-4} \cdot 0{,}2 \cdot 10^5}} \right)^{6/7} = 5{,}63 \text{ м}.$$

При этом отметка дна равна $125{,}15 - 5{,}63 = 119{,}52$ м, что меньше 119,0—отметки, с которой залегает гравий Следовательно, полученную глубину $H_{пр(п)} = 5{,}63$ м принимаем к расчету

8 Рассчитываем глубины потока на h_t на характерных вертикалях подмостового сечения Для русловой и правой пойменной части расчет по формуле (10 22) приведен в табл

Таблица 1

Часть подмостового сечения	Средняя глубина потока до размыва части сечения $H_{др}$, м	Отношение средних глубин потока на части сечения $H_{пр}/H_{др}$	Характеристика вертикали			Результаты расчета	
			ПК +	Расположение	Глубина потока до размыва $h_{др}$, м	$h_{пр}h_{др}\left(\frac{H_{пр}}{H_{др}}\right)$, м	отметка дна после общего размыва, м
Правая пойменная часть	5,05	1,115	2+65	подошва правого конуса	3,15	3,53	121,62
			2+87	правая пойменная часть со срезкой до отм. 120,0 м	5,15	5,75	119,40
Русловая	6,15	1,46	3+15	откос русла	5,15	7,53	118,62
			3+25	то же	7,15	10,47	114,68
			3+40	наинизшая отметка дна в русле	7,95	11,62	113,53
			3+80	русло	6,75	9,86	115,29
			3+95	гребень побочня	6,05	8,83	116,32
			4+25	подошва откоса русла	6,85	10,0	115,15

Для левой пойменной части, где в процессе размыва вскрывается нижележащий грунт, расчет будем вести непосредственно по формулам (10 24), (10.26) или (10 27) с учетом изменения удельного расхода по (10.21).

Поскольку при расчете средней глубины потока после размыва на левой пойме $H_{пр(л)}$ обнажился нижележащий слой, то тем более на участке срезки грунтов (до отметки 119,0 м, т. е. при бытовой глубине потока $h_{др}=125{,}15-119{,}0=5{,}15$ м) произойдет это явление. Поэтому глубину потока на этих вертикалях будем определять по формуле (10 24) при $q=9{,}26\left(\frac{5{,}15}{4{,}9}\right)^{1{,}25}=9{,}85$ м²/с

$$h_{пр(л)}=0{,}93\left(\frac{9{,}85}{\sqrt{9{,}8}\cdot 0{,}025^{0{,}2}}\right)^{0{,}77}=3{,}97 \text{ м}<6{,}15 \text{ м}.$$

Поэтому к расчету принимаем на участке срезки на левой пойменной части отверстия $h_{пр(л)}=6{,}15$ м.

На этой части отверстия у подошвы конуса (без срезки) глубина потока до размыва 2,55 м (отметки дна поймы—122,60 м).

По формуле (10 21) при $y=1{,}17$ (для связных грунтов) удельный расход на рассматриваемой вертикали

$$q=9{,}26\left(\frac{2{,}55}{4{,}9}\right)^{1{,}17}=4{,}30 \text{ м}^2/\text{с}.$$

По формуле (10.27)

$$h_{пр(л)}=\left(\frac{4{,}3\cdot 0{,}034}{0{,}033\sqrt{0{,}054+10^{-4}\cdot 0{,}06\cdot 10^5}}\right)^{6/7}=5{,}48^{6/7}+4{,}32 \text{ м},$$

а отметка дна у подошвы левого конуса $125{,}15-4{,}32=120{,}83$ м $>119{,}0$ м.

9 Результаты расчета нанесены на профиль подмостового сечения (см. рис 4). Полученная линия общего размыва не учитывает естественный русловой процесс Подмостовое сечение размыва ассимметричное с пониженными отметками у правого берега и выступающим гребнем какого-то руслового образования у левого Поскольку русло на прямом участке, такое сечение характерно для побочневого русла В то же время по внешним признакам (ниже по течению) и количественным показателям русловой процесс ближе к свободному и незавершенному меандрированию Для учета руслового процесса сделано пред ложение, что вертикаль с наибольшей глубиной может перемещаться по всему сечению русла *

Следующий этап—увеличение глубин общего размыва на 15% При этом следует иметь в виду, что в левой части русла увеличение глубин общего размыва на 15% надо отсчитывать от наинизшей отметки дна в русле до размыва

В качестве примера учтем фактор времени при расчете общего размыва в русловой части моста Проведен расчет по формуле (10 33) в предположении, что имеется причина, вызывающая дефицит поступления наносов к подмостовому сечению

Предварительно определяем

1) По графику (рис 10 2) при глубине потока $H_{др}=6{,}15$ м и крупности грунта $d=0{,}025$ м неразмывающую скорость $v_0=2{,}25$ м/с.

2) По рис Д прил 3 2 получаем среднюю скорость потока на ширине всей длины $v_б\approx 1{,}0$ м/с

По тому же рисунку находим ширину широкой $B_{пб}=1040$ м и узкой $B_{пм}=350$ м пойм, а по формуле (10 64) расчетную ширину разлива

$$L_{разл}=1040\left(1+\frac{195}{1040+350}\right)=1185 \text{ м}.$$

По формуле (10 70) при уклоне нестесненного водного потока в паводок $i=0{,}00081$ определяем параметр а

$$a=1{,}15\left(\frac{4650}{2550}\right)^{2/3}-0{,}8\cdot\frac{4650}{2550}\cdot\frac{1{,}0}{\sqrt{9{,}8\cdot 1185\cdot 0{,}00081}}=1{,}72-0{,}48=1{,}24$$

По формуле (10 69)

$$X_0=1{,}24\cdot 1{,}0\sqrt{\frac{1185}{9{,}8\cdot 0{,}00081}}=478 \text{ м}$$

и по формуле (10 37) —длину распространения размыва в русле

$$L_р=0{,}67\cdot X_0=0{,}67\cdot 478=321 \text{ м}$$

3) При удельном расходе в русловой части моста $q_{рм}=28{,}8$ м^2/с скорость потока в этой части до размыва

$$v_{рдр}=\frac{28{,}8}{6{,}15}=4{,}68 \text{ м/с}$$

Тогда по формуле (10 36) параметр твердого расхода

$$\alpha_м=\left(\frac{0{,}025}{6{,}15}\right)^{2/3}\cdot\left(\frac{4{,}68}{2{,}25}\right)^3\cdot(4{,}68-1{,}4\cdot 2{,}25)=0{,}344$$

4) По табл. 10 9 параметры $\varphi=10^4$ и

$$A=L_р\,(2B_{уш}+B_р)=321\cdot(2\cdot 192+145)=170\cdot 10^3$$

Подставляя полученные значения параметров и характеристик потока в формулу (10 33), получим (при времени прохода паводка $T=15$ суток)

---

* Для более полной оценки руслового процесса в районе перехода не хватает ситуационной схемы (хотя для створа перехода на линии А—Б он вполне достаточен)

$$H_{пр}=6{,}15\,(1+10^4\cdot 0{,}344\cdot 2\cdot 15\cdot 195/(170\cdot 10^3)^{6/25}=6{,}15(1+11{,}8)^{6/25}=$$
$$=6{,}15\cdot 3{,}15=19{,}4\text{ м.}$$

По формуле (10.26) определяем предельную глубину потока при заданной крупности грунта $d=0{,}025$ м.

$$H_{пр}=\frac{0{,}9}{0{,}025^{0{,}2}}\left(\frac{28{,}8}{\sqrt{9{,}8}}\right)^{0{,}8}\approx 11\text{ м.}$$

Поскольку предельная глубина оказалась меньше полученной по формуле (10.33), то к расчету следует принимать $H_{пр}=11$ м. Это значит, что для установления в русле предельной глубины потока (соответствующей неразмывающей скорости) требуется меньше 15 суток.

Учет фактора времени эффективности при мелких несвязных и связных грунтах.

Приложение 10.2

ПРИМЕРЫ

расчета местного размыва у промежуточной опоры моста

Исходные данные получены после расчета общего размыва (см. прил. 10.1). Опора расположена в русле, размеры ее показаны на рис. Характеристики потока следующие: глубина $H=12{,}15$ м, скорость $v=3{,}42$ м/с. Грунт—однородный со средним диаметром частиц $d=0{,}025$ м. Русло незарегулированное (свободное поступление наносов к подмостовому сечению).

Пример 1.

Дополнительные данные: низ ростверка поднят над дном после общего размыва $e=4{,}5$ м; косина набегания потока на опору $\alpha=15°$.

Решение.

1. По графику (рис. 10.2) определяем неразмывающую скорость для грунта, в котором будет проходить местный размыв, $v_0=2{,}75$ м/с$<v$. Поэтому расчет местного размыва ведем согласно п. 2а в п. 10 5 по формуле (10.40). Для расчета по этой формуле требуется определить гидравлическую крупность (по графику—рис. 10.1) $\omega=0{,}54$ м/с и параметр $F(b)$, характеризующий влияние формы и размеров опоры на глубину местного размыва.

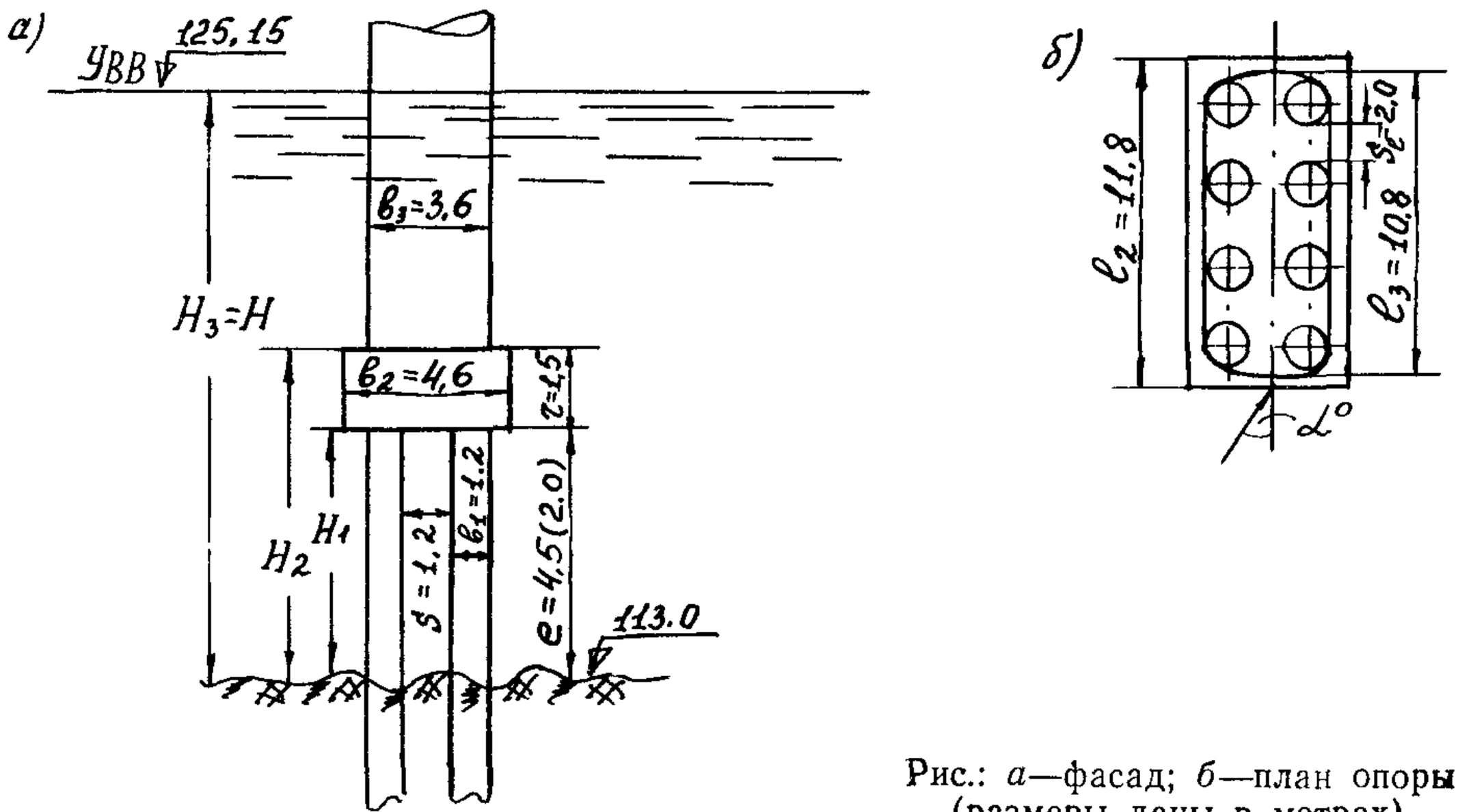


Рис.: *а*—фасад; *б*—план опоры (размеры даны в метрах)

2 Определяем параметр $F(b)$ для свайного основания

1) Поскольку $\alpha < 20°$, то расчетным является ряд по фасаду опоры (см п 9 в п 10 5) с двумя сваями Коэффициент формы свайного ряда определим по формуле (10 55)

$$M_1 = M_{2c} - 0{,}56\left(\frac{12{,}15 \cdot 3{,}42}{1{,}2 \cdot \sqrt{9{,}8 \cdot 0{,}025}}\right)^{1/4} = 1{,}61$$

Получено $1 < M_1 < 1{,}75$, поэтому к расчету принимаем $M_1 = 1{,}61$.

2) Для свайного ряда косина потока определяет только расчетный ряд, а коэффициент косины $K_1 = 1$

3) Весовой коэффициент первого элемента, которым является свайное основание, определяем по формуле (ниже зависимости 10,53) при $A_1 = 1$ и $\varphi = 1/3$, так как $\frac{H_1}{H} = \frac{e}{H} = \frac{4{,}5}{12{,}15} > 0{,}3$

$$f_1 = \left(\frac{4{,}5}{12{,}15}\right)^{1/3} = 0{,}718$$

Тогда $F(b_1) = b_1^{0,6} \cdot M_1 K_1 f_1 = 1{,}2^{0,6} \cdot 1{,}61 \cdot 1 \cdot 0{,}718 = 1{,}29$.

3 Определяем параметр $F(b)$ для ростверка

1) Коэффициент формы прямоугольного ростверка по табл 10 12 $M_2 = 1{,}24$.

2) Для определения коэффициента косины предварительно с учетом рис. 10 10 определяем приведенную ширину ростверка

$$b_\alpha = l_2 \operatorname{Sin}\alpha + b_2 \operatorname{Cos}\alpha = 11{,}8 \cdot \operatorname{Sin} 15° + 4{,}6 \cdot \operatorname{Cos} 15° = 3{,}06 + 4{,}46 = 7{,}52 \text{ м}$$

По рис 10 9 при $\frac{b_\alpha}{b_2} = \frac{7{,}52}{4{,}6} = 1{,}63$ и $M_2 = 1{,}24$ получаем $K_2 \approx 1{,}12$

3) Верх ростверка находится на глубине (от дна)

$$H_2 = e + t = 4{,}5 + 1{,}5 = 6{,}0 \text{ м} \quad H_2/H = \frac{6{,}0}{12{,}15} = 0{,}495$$

Тогда $A_2 = 1$ и $\varphi = 1/3$. По формуле (10 53)

$$f_2 = (0{,}495)^{1/3} - f_1 = 0{,}792 - 0{,}718 = 0{,}074.$$

$$F(b_2) = 4{,}6^{0,6} \cdot 1{,}24 \cdot 1{,}12 \cdot 0{,}074 = 0{,}257.$$

4 Определяем $F(b)$ для тела опоры (без подробных объяснений) По табл 10 12 для овальной формы $M_3 = 0{,}85$,

$$b_\alpha = (l_3 - b_3) \cdot \operatorname{Sin} 15° + b_3 = (10{,}8 - 3{,}6) \cdot 0{,}259 + 3{,}6 = 5{,}46 \text{ м};$$

$$b_\alpha / b_3 = \frac{5{,}46}{3{,}6} = 1{,}52 \rightarrow K_3 = 1{,}3;$$

$$H_3/H = 1 \rightarrow f_3 = 1 - (0{,}495)^{1/3} = 1 - 0{,}792 = 0{,}208;$$

$$F(b_3) = 3{,}6^{0,6} \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}3 \cdot 0{,}208 = 0{,}496.$$

5 По формуле (10 40)

$$h = 0{,}77 \cdot 12{,}15^{0,4}\left[\frac{3\,42}{(9{,}8 \cdot 0{,}54 \cdot 12{,}15)^{1/3}}\right]^{1/2} \cdot (1{,}29 + 0{,}257 + 0{,}496) = 3{,}96 \text{ м}.$$

Пример 2.

Дополнительные данные косина набегания потока на опору $\alpha = 22°$ (вместо $\alpha = 15°$, как в примере 1)

Решение

1 Определяем параметр $F(b_1)$ для свайного основания При $\alpha > 20°$ в качестве расчетного надо принимать ряд вдоль продольной оси опоры, который имеет $n = 4$ сваи

По формуле (10.55) находим коэффициент увеличения размыва у двух свай, расположенных на расстоянии друг от друга в свету $S_1 = S = 2{,}0$ м

$$M_{2c} = 0{,}56 \cdot \left(\frac{12{,}15 \cdot 3{,}42}{2 \cdot \sqrt{9{,}8 \cdot 0{,}025}} \right)^{1/4} = 1{,}42.$$

Определяем коэффициент увеличения размыва из 4-х свай по сравнению с размывом у двух свай (см. формулу после 10.55)

$$M_{nc} = \frac{4{,}4}{10{,}8} (4 - 1) = 1{,}22.$$

По формуле (10.54) $M_1 = 1{,}42 \cdot 1{,}22 = 1{,}73$. Проверяем правильность получения коэффициента формы свайного ряда: $1{,}1 \cdot n^{2/3} = 2{,}77 > 1{,}73$. Поэтому к расчету принимаем $M_1 = 1{,}73$. Из примера 1 получено $f_1 = 0{,}718$

$$F\ (b_1) = 1{,}2^{0{,}6} \cdot 1{,}73 \cdot 1 \cdot 0{,}718 = 1{,}385.$$

2. Определяем $F\ (b_2)$ и $F\ (b_3)$ аналогично, как в примере 1, отличаться количественно будут только коэффициенты косины:

$$b_{\alpha 2} = 11{,}8 \cdot \mathrm{Sin}\ 22^\circ + 4{,}6 \cdot \mathrm{Cos}\ 22^\circ = 4{,}42 + 4{,}27 = 8{,}69 \text{ м};$$

$$b_{\alpha 2}/b_2 = \frac{8{,}69}{4{,}6} = 1{,}89 \rightarrow \text{по рис. 10.9 } K_2 = 1{,}28;$$

$$b_{\alpha 3} = (10{,}8 - 3{,}6) \cdot 0{,}375 + 3{,}6 = 6{,}3 \text{ м};$$

$$b_{\alpha 3}/b_3 = \frac{6{,}3}{3{,}6} = 1{,}75 \rightarrow \text{по рис. 10.9 } K_3 = 1{,}5.$$

С учетом полученных коэффициентов косины и результатов расчета в примере 1 имеем:

$$F\ (b_2) = 4{,}6^{0{,}6} \cdot 1{,}24 \cdot 1{,}28 \cdot 0{,}074 = 0{,}294;$$

$$F\ (b_3) = 3{,}6^{0{,}6} \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}208 = 0{,}572.$$

3 По формуле (10.40)

$$h = 0{,}77 \cdot 12{,}15^{0{,}4} \left[\frac{3{,}42}{(9{,}8 \cdot 0{,}54 \cdot 12{,}15)^{1/3}} \right]^{1/2} \cdot (1{,}385 + 0{,}294 + 0{,}572) = 4{,}37 \text{ м}.$$

Пример 3.

Дополнительные данные: кроме данных примера 2, низ ростверка поднят над отметкой дна после общего размыва на $e = 2$ м

Решение.

Особенность заключается в том, что $e < 0{,}3 \cdot H = 3{,}64$ м. Поэтому расчет глубины размыва следует вести по формуле (10.58).

1. Определяем глубину размыва у рассматриваемой опоры h_e, если бы низ плиты ростверка находился над дном на расстоянии $e = 0{,}3 \cdot H = 3{,}64$ м. В этом случае задача сводится к нахождению новых значений (по сравнению с примером 2) весовых коэффициентов:

$$H_1/H = 0{,}3H/H = 0{,}3 \rightarrow f_1 = (0{,}3)^{1/3} = 0{,}67;$$

$$H_2 = 0{,}3 \cdot H + r = 3{,}64 + 1{,}5 = 5{,}14 \text{ м}; \quad H_2/H = 0{,}423;$$

$$f_2 = (0{,}423)^{1/3} - f_1 = 0{,}75 - 0{,}67 = 0{,}08;$$

$$f_3 = 1 - 0{,}75 = 0{,}25.$$

Соответственно:

$$F\ (b_1) = 1{,}2^{0{,}6} \cdot 1{,}73 \cdot 1 \cdot 0{,}67 = 1{,}292;$$

$$F\ (b_2) = 4{,}6^{0{,}6} \cdot 1{,}24 \cdot 1{,}28 \cdot 0{,}08 = 0{,}318;$$

$$F\ (b_3) = 3{,}6^{0{,}6} \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}25 = 0{,}687.$$

По формуле (10 40)

$$h_e = 0{,}77 \cdot 12{,}15^{0{,}4}\left[\frac{3{,}42}{(9{,}8 \cdot 0{,}54 \cdot 12{,}15)^{1/3}}\right]^{1/2} \cdot (1{,}292 + 0{,}318 + 0{,}687) = 4{,}44 \text{ м}.$$

2 Определяем глубину размыва у рассматриваемой опоры $h_м$, если бы вместо свайного основания был фундамент с плановыми размерами ростверка

В этом случае $F\ (b_1) = 0$—свайного основания нет, а для фундамента и тела опоры надо найти новые значения весовых коэффициентов:

$$H_2/H = 2/12{,}15 = 0{,}165 < 0{,}3 \rightarrow A_2 = 2{,}23 \quad \text{и} \quad \varphi_2 = 1,$$

$$f_2 = 2{,}23 \cdot 0{,}165 = 0{,}367, \quad f_3 = 1 - 0{,}367 = 0{,}637.$$

Соответственно

$$F\ (b_2) = 4{,}6^{0{,}6} \cdot 1{,}24 \cdot 1{,}28 \cdot 0{,}367 = 1{,}46,$$

$$F\ (b_3) = 3{,}6^{0{,}6} \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}637 = 1{,}75.$$

По формуле (10 40)

$$h_м = 0{,}77 \cdot 12{,}15^{0{,}4}\left[\frac{3{,}42}{(9\,8 \cdot 0{,}54 \cdot 12{,}15)^{1\,3}}\right]^{1/2} (0 + 1{,}46 + 1{,}75) = 6{,}2 \text{ м}.$$

3 По формуле (10.58)

$$h = 4{,}44 + (6{,}2 - 4{,}44)\left(\frac{3\,64 - 2{,}0}{6{,}2 + 3{,}64}\right)^{3/4} = 4{,}44 + 0{,}46 = 4{,}90 \text{ м}$$

Пример 4.

Дополнительные данные данные примера 1, но скорость потока $v = 2{,}0$ м/с, т е $v < v_0$

1 Глубину размыва определяем по формуле (10 41). Задача сводится (в дополнение к расчетам в примере 1) к нахождению начальной скорости $v_н$, а также корректировке коэффициента формы свайного основания, поскольку $M_1 = f\ (v)$

2 Определяем по формуле (10 55)

$$M_1 = 0{,}56\left(\frac{12{,}15 \cdot 2{,}0}{1{,}2 \cdot \sqrt{9{,}8 \cdot 0{,}025}}\right)^{1/4} = 1{,}41$$

Тогда $F\ (b_1) = 1{,}2^{0{,}6} \cdot 1{,}41 \cdot 1 \cdot 0{,}718 = 1{,}128$

3 Для определения начальной скорости $v_н$ предварительно по формуле (10 52) найдем расчетную ширину опоры

$$b = (1{,}2^{0{,}6} \cdot 0{,}718 + 4{,}6^{0{,}6} \cdot 0{,}074 + 3{,}6^{0{,}6} \cdot 0{,}208)^{5/3} = 1{,}433^{5/3} = 1{,}82 \text{ м}.$$

4 По формуле (10 51)

$$\mu = \frac{0{,}95 + 0{,}5 \cdot 12{,}15/1{,}82}{0{,}4 + 12{,}15/1{,}82} = 0{,}607.$$

По формуле (10 50) при $v_0 = 2{,}75$ м/с

$$v_н = 2{,}75\left(\frac{0{,}025}{1{,}82}\right)^{1/8} \cdot 0{,}607 = 0{,}97 \text{ м/с}.$$

5 По формуле (10 41)

$$h = 0{,}77 \cdot 12{,}15^{0{,}4}\left[\frac{2{,}75}{(9{,}8 \cdot 0{,}54 \cdot 12{,}15)^{1/3}}\right]^{1/2}\left(\frac{2 - 0{,}97}{2{,}75 - 0{,}97}\right)^{3/4} \times$$

$$\times (1{,}128 + 0{,}257 + 0{,}496) = 2{,}16 \text{ м}$$

ПРИМЕР
расчета водопропускной способности пойменных мостов

Исходные данные. Пойменный мост отверстием $L_{мпр1}=40$ м (сооружение № 1) расположен на левобережном пойменном подходе общей длиной $B_{пб}=6$ км на расстоянии $B_г=2{,}5$ км от главного русла (см рис 11,1)

Водоток шириной $B_{пр}=35$ м и средней глубиной при расчетном паводке $H_{прб}=5{,}0$ м, заросший, с коэффициентом шероховатости $n_{пр}=0{,}04$, коэффициент извилистости $\gamma_{из}=1{,}6$, по руслу идут песчаные наносы Дно водотока сложено суглинком с расчетным сцеплением $C_р=0{,}16\cdot10^5$ Па

На левой пойме на расстоянии от главного русла $l_2=0{,}5$ км расположен водоток, который в паводок заведомо пропускает расход воды менее 1% расхода главного русла

Левобережная пойма широкая (по сравнению с правой) Приведенный коэффициент шероховатости между водотоком и руслом $n_{пг}=0{,}05$ на остальной части $n_{пп}=0{,}08$ Пойма вся пересыпана подходом Правая пойма узкая $B_{пм}=1{,}5$ км, также вся пересыпана подходом

Главное русло шириной 800 м, со средней глубиной в паводок 10 м, пропускает $Q_{г.р}=11{,}5$ тыс м^3/с, коэффициент шероховатости $n_р=0{,}025$, коэффициент извилистости $\gamma_{из}=1{,}1$, сложено несвязным грунтом, паводки продолжительные $\alpha_р=0{,}5$ Через главное русло запроектирован мост отверстием $L_м=900$ м Уклон свободной поверхности реки в паводок $\iota=0{,}00006$ Полный расход реки $Q=16{,}5$ тыс м^3/с

Определить водопропускную способность пойменных мостов на левой пойме (на рис 11 1 соответственно сооруж № 1 и 2)

Расчет сооружения № 1. Расчет проводим в предположении, что сооружение № 1 пропускает $Q_{пр1}>0{,}01Q$

Назначаем глубину потока под пойменным мостом после размыва $H_{пр\,п/р}=7$ м По графику (рис 10 4) для $C_р=0{,}16\cdot10^5$ Па и $H=7$ м находим неразмывающую скорость $v_0=1{,}90$ м/с График составлен для коэффициента шероховатости $n=0{,}03$ и $\varepsilon=1{,}0$ Русло водотока имеет шероховатость $n_{пр}=0{,}04$ и для нестесненного потока фактическая неразмывающая скорость $v_0\dfrac{0{,}03}{n_{пр}}$ Под мостом русло будет расчищено и коэффициент шероховатости можно принять $n_{пр}=0{,}03$ Поэтому фактическая неразмывающая скорость под пойменным мостом с учетом движения по руслу песчаных наносов ($\varepsilon=1{,}16$) $v_0=\dfrac{1{,}90}{1{,}16}=$ $=1{,}64$ м/с

Поскольку $v_{пр}=v_0$, задаем $Q_{пр}=v_{пр}L_{мпр}H_{пр\,п/р}=1{,}64\cdot40\cdot7=458$ м^3/см

Расход под мостом через главное русло (расходом, проходящим через пойменное сооружение № 2, пренебрегаем) равен $Q_м=Q-Q_{пр}=16500-458=$ $=16042$ м^3/с

Расчетная глубина потока в главном русле с учетом рекомендаций п 8 а в п 11 2 равна

$$H_{расч}=H_р\left[1+\left(\left(\frac{Q_м}{Q_{гр}}\right)-1\right)\alpha_р\right]=10\left[1+\left(\left(\frac{16042}{11500}\right)^{0\,77}-1\right)\cdot0{,}5\right]=10{,}90\text{ м}$$

По формуле (10 65)

$$v_м=\frac{16042}{900\cdot10{,}90}=1{,}64\text{ м/с}$$

Определяем по формуле (11 11) фиктивную ширину поймы $B_ф$

Предварительно по формуле (11 13) находим ширину участка, примыкающего к пойменному сооружению $\left(y=2\,\dfrac{0{,}025}{0{,}05}=1\right)$,

$$B_{\text{ппр}} = 40 + \left(1 + \sqrt{\frac{0{,}04}{0{,}08}}\right) \cdot 2500 \cdot \left(\frac{458}{16042}\right) = 40 + 122 \approx 162 \text{ м}.$$

Поскольку на левой широкой пойме одно сооружение, пропускающее расход более 0,01 Q, то $B_{\text{ф}} = 6000 - 162 = 5838$ м.

Расстояние от вертикали с перепадом уровней у насыпи z_{01}, по которому определяют водопропускную способность пойменного сооружения № 1, до главного русла равно с учетом формулы (11.8)

$$l_1 = B_{\text{г}} - B_{\text{пг}} = 2500\left(1 - \frac{458}{16042}\right) = 2425 \text{ м}.$$

Вычисляем максимальный подпор $z_{\max}$ по формуле (10.62).

Предварительно определяем по формуле (10.64) расчетную ширину разлива:

$$L_{\text{разл}} = 5838\left(1 + \frac{900}{5838 + 1500}\right) = 6550 \text{ м}$$

и по формуле (10.62)·

$$\beta = 2 \cdot 9{,}8 \cdot \frac{0{,}025^2 \cdot 1{,}1}{10^{4/3}} 6550 = 4{,}1;$$

по графику (рис. 10.12) $\zeta = 4{,}1$

$$z_{\max} = 4{,}1 \frac{1{,}64^2}{2 \cdot 9{,}8} = 0{,}56 \text{ м}.$$

По графику (рис. 10.13) получаем при $l_1/B_{\text{ф}} = \frac{2425}{5838} = 0{,}415$ и $z_{01}/z_{\max} = 0{,}87$. Откуда $z_{01} = 0{,}87 \cdot 0{,}56 = 0{,}49$ м.

Определяем скорость потока под пойменным мостом по формуле (11.7).

Предварительно для пойменного сооружения находим: ширину примыкающей поймы (без отверстия моста)

$B_{\text{ппр1}} - L_{\text{мпр1}} = 162 - 40 = 122$ м (принимаем $L_{\text{разл}} = B_{\text{ппр1}}$);

по формуле (10.62)

$$\beta = 2 \cdot 9{,}8 \cdot \frac{1{,}6 \cdot 0{,}04^2}{6^{4/3}} \cdot 122 = 0{,}653 < 1{,}75, \text{ поэтому } \zeta = 1{,}77 \text{ (см. формулу 10.67)}.$$

По формуле (11.7) $v_{\text{пр1}} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}49/1{,}77} = 2{,}31$ м/с, больше принятой скорости потока под пойменным мостом $v_{\text{пр1}} = 1{,}64$ м/с. Поэтому следует задать бо́льшую глубину размыва $H_{\text{пр п/р}} = 10$ м, при которой $v_0 = v_{\text{пр}} = 1{,}73$ м/с и $Q_{\text{пр}} = 1{,}73 \cdot 40 \cdot 10 = 692$ м^3/с

Расчеты показали, что при этих условиях перепад для пойменного моста снизился незначительно ($z_{01} = 0{,}46$) м, так же как и скорость под мостом $v_{\text{пр1}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}46}{1{,}77}} = 2{,}26$ м/с $> 1{,}73$ м/с

Во второй итерации, несмотря на принятую значительную глубину потока, под пойменным мостом после общего размыва, она оказалась недостаточной.

Следовательно, необходимо для моста с размываемым руслом увеличивать отверстие.

Ниже приводятся результаты расчета (без пояснений, так как они проведены по аналогии с первой итерацией) для отверстия

$$L_{\text{мпр}} = 100 \text{ м и } H_{\text{гр п/р}} = 10 \text{ м}, \; v_{\text{пр}} = v_0 = 1{,}83 \text{ м/с}.$$

$$Q_{\text{пр1}} = 1{,}73 \cdot 100 \cdot 10 = 1730 \text{ м}^3/\text{с}; \; Q_{\text{м}} = 14770 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$H_{\text{расч}} = 10 \cdot \left(1 + \left(\left(\frac{14770}{11560}\right)^{0{,}7} - 1\right) \cdot 0{,}5\right) = 11{,}1 \text{ м};$$

$$v_м = \frac{14770}{900 \cdot 11{,}1} = 1{,}48 \text{ м/с};$$

$$B_{пр} = 35 + \left(1 + \sqrt{\frac{0{,}04}{0{,}08}}\right) \cdot 2500 \cdot \left(\frac{1730}{14770}\right) = 535 \text{ м};$$

$$l_1 = 2500 \cdot \left(1 - \frac{1730}{14770}\right) = 2210 \text{ м}; \; B_ф = 6000 - 535 = 5465 \text{ м};$$

$$L_{разл} = 5465 \cdot \left(1 + \frac{900}{5465 + 1500}\right) = 6160 \text{ м};$$

$$\beta_м = \frac{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}025^2 \cdot 1{,}1}{10^{4/3}} \cdot 6160 = 3{,}85.$$

По графику (рис. 10.12) $\zeta_м = 4{,}0$,

$$z_{max} = 4 \cdot \frac{1{,}46^2}{2 \cdot 9{,}8} = 0{,}435 \text{ м}, \; l_1/B_ф = \frac{2210}{5465} = 0{,}405,$$

$$z_{01}/z_{max} = 0{,}85, \; z_{01} = 0{,}85 \cdot 0{,}435 = 0{,}37 \text{ м};$$

$$\Sigma l_{пр} = 535 - 35 = 500 \text{ м}, \; \beta_{пр} = 2 \cdot 9{,}8 \cdot \frac{0{,}04^2 \cdot 1{,}6}{6^{4/3}} \cdot 500 = 2{,}3,$$

$$\zeta_{пр1} = 2{,}5, \; v_{пр1} = \sqrt{\frac{2{,}98 \cdot 0{,}37}{2{,}5}} = 1{,}7 \text{ м/с} \approx v_0,$$

поэтому отверстие подобрано. Фактический расход в отверстии пойменного моста $Q_{пр1} = 1{,}70 \cdot 100 \cdot 10 = 1700$ м^3/с.

Здесь следует обратить внимание, что получено большое отверстие, да к тому с коэффициентом размыва более двух. Поэтому наиболее приемлемым решением в конкретном случае является устройство моста $L_{пр} = 40$ м, как было принято первоначально, но с неразмываемым руслом.

Для этого отверстия определим водопропускную способность. Более подробно такой расчет производят подбором. Здесь для простоты воспользуемся данными произведенных ранее расчетов и определим $Q_{пр}$ без подбора как для водотока с малым расходом согласно п. 5 в п. 11.2.

Имеем $z_{max} = 0{,}56$ м, $l_1/B_ф = \frac{2500}{6000} = 0{,}417$, по графику (рис. 10.13):

$$z_{01}/z_{max} = 0{,}87 \text{ и } z_{01} = 0{,}56 \cdot 0{,}87 = 0{,}50 \text{ м}.$$

По формуле (11.7) при $\zeta = 1{,}77$

$$v_{пр1} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}50/1{,}77} = 2{,}32 \text{ м/с}.$$

$$Q_{пр1} = 2{,}32 \cdot 40 \cdot 6{,}0 = 556 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расчет сооружения № 2.

Расчет водопропускной способности сооружения № 2 проводим согласно рекомендации п 5 в п. 11.2, как для случая 1 а (см. п. 11.2).

Случай $L_{м пр1} = 100$ м.

Из приведенных расчетов сооружения № 1 имеем: $z_{max} = 0{,}435$ м, $B_ф = 5465$ м.

При $l_2 = 500$ м $\quad l_2/B_ф = \frac{500}{5465} = 0{,}092.$

По графику (рис 10 13) при $l_2/B_ф = 0{,}092$ $\quad \frac{z_{02}}{z_{max}} = 0{,}45$

и $z_{02} = 0{,}45 \cdot 0{,}435 = 0{,}195$ м.

По формуле (11 7) скорость потока под пойменным мостом (при $\zeta = 1{,}77$ см. п 5 в п 11 2)

$$v_{пр2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}195}{1{,}77}} = 1{,}47 \text{ м/с}$$

При известнои площади живого сечения под мостом по формуле (11 6) можно определить расход воды $Q_{пр2}$, проходящий через пойменное сооружение

Случай $L_{мпр1} = 40$ *м*

Из расчетов сооружения № 1 известно $z_{max} = 0{,}56$ м При $l_2 = 500$ м и $B_ф = B_{пб} = 6000$ м и $l_2/B_ф = 0{,}083$

По графику (рис 10 13) $z_{02}/z_{max} = 0{,}44$,

$$z_{02} = 0{,}44 \cdot 0{,}56 = 0{,}246 \text{ м}$$

По формуле (11 7) скорость потока под пойменным мостом

$$v_{пр2} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}246/1{,}77} = 1{,}65 \text{ м/с}$$

От величины отверстия сооружений № 1 зависит подпор у насыпи на подходах Так, при $L_{мпр1} = 100$ м для главного русла параметр $\beta_м = 3{,}85$ Тогда по графику (рис 10 12) $\eta = 2{,}6$ и максимальный подпор у насыпи на левой пойме (при $v_м = 1{,}48$ м/с) по формуле (10 60)

$$\Delta h_{max} = 2{,}6 \cdot \frac{1\,48^2}{2 \cdot 9{,}8} = 0\,29 \text{ м}$$

При $L_{мпр1} = 40$ м $\Delta h_{max} = 0{,}37$ м

С учетом общей длины подходов (в примере 7,5 км) снижение отметки пойменной насыпи на 8 см может привести к существенному уменьшению объемов земляных работ Поэтому при принятии проектного решения необходимо комплексно рассматривать все пойменные сооружения

Приложение 12 1

ПРИМЕР

определения расчетных скоростей ветра по срочным наблюдениям на гидрометеостанции

Определяется расчетная скорость ветра для мостового перехода через большую реку Пик паводка на рассматриваемой реке по данным водпоста за период наблюдений приходится на период с 21 апреля по 13 июня Для расчета взяты имеющиеся данные за полные три месяца из непрерывного статистического 25-летнего ряда срочных наблюдений за ветром по флюгеру на высоте 10 м на ближайшей гидрометеостанции, расположенной в местности типа В за период 1966—1990 гг

Полученные в результате обработки статистического ряда повторяемости градаций ветра по скоростям и направлениям за каждый из трех паводочных месяцев приведены в табл 1 Повторяемости градаций скоростей ветра всех направлений за период апрель—июнь в целом (как среднеарифметическое) приведены в табл 2

Для ее построения из табл 1 суммируют повторяемости за три месяца по одним и тем же скоростям и направлениям и полученную сумму делят на 3 Например, первая левая цифра в табл 2 получена как $\frac{3{,}1 + 4{,}1 + 4{,}2}{3} = 3{,}8$

Скорость ветра v_{zl} нормативной обеспеченности на каждом румбе определяют по режимным функциям (рис), для построения которых составляют табл 3 В ней по повторяемости P каждой градации (в каждом румбе определяется из табл 2) рассчитана обеспеченность F градации путем последовательного суммирования повторяемостей от больших скоростей ветра к меньшим

Таблица 1

Градации скорости ветра, м/с	Повторяемость градаций ветра, в %, по направлениям (румбам)								Итого, %
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	
				Апрель					
0—1	3,1	2,3	2,6	2,8	3,8	2,9	3,5	3,1	
2—5	7,0	5,7	6,4	7,3	8,6	5,5	6,7	7,1	
6—9	1,8	1,4	2,5	3,0	3,0	1,7	2,6	2,4	
10—13	0,2	0,2	0,4	0,3	0,5	0,3	0,1	0,4	
14—17	0,04	0,04	0,2	0,04	0,2	0,1	0,1	0,04	
18—20	—	—	—	—	0,04	—	—	—	
Всего по одному направлению	12,14	9,64	12,1	13,44	16,14	10,5	13,0	13,04	100
				Май					
0—1	4,1	3,0	3,7	2,9	3,5	1,6	2,7	3,5	
2—5	8,2	7,3	8,0	6,6	7,1	5,4	6,6	8,3	
6—9	2,3	1,9	2,0	1,3	2,1	1,1	1,9	3,1	
10—13	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,11	0,5	
14—17	0,1	—	—	—	0,03	—	0,03	0,1	
18—20	—	—	—	—	—	—	0,03	—	
Всего по одному направлению	14,9	12,3	13,8	11,0	12,93	8,2	11,37	15,5	100
				Июнь					
0—1	4.2	2,8	3,5	2,9	3,1	3,0	3,5	4,8	
2—5	10,9	6,5	5,8	5,0	5,9	5,0	7,9	12,0	
6—9	1,8	0,74	1,0	1,2	1,5	0,7	1,8	3,3	
10—13	0,1	0,04	0,1	0,1	0,04	0,1	0,1	0,3	
14—17	—	—	—	—	0,04	0,04	0,1	0,1	
18—20	—	—	—	—	—	—	—	—	
Всего по одному направлению	17,0	10,08	10,4	9,2	10,58	8,84	13,4	20,5	100

Таблица 2

Градации скорости ветра, м/с	Средняя за три месяца повторяемость градации ветра, в %, по направлениям (румбам)								Итого
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	ЗС	
0—1	3,8	2,7	3,27	2,87	3,47	2,5	3,23	3,8	25,64
2—5	8,7	6,5	6,73	6,3	7,2	5,3	7,07	9,14	56,94
6—9	1,97	1,33	1,83	1,83	2,2	1,17	2,10	2,93	15,36
10—13	0,17	0,11	0,20	0,20	0,25	0,17	0,13	0,37	1,6
14—17	0,05	0,1	0,07	0,01	0,09	0,05	0,08	0,08	0,44
18—20	—	—	—	—	0,01	—	0,01	—	0,22
Всего	14,69	10,65	12,1	11,21	18,22	9,19	12,62	16,32	100,0

Таблица 3

Градации скорости ветра, м/с	С		СВ		В		ЮВ	
	P, %	*F*, %	*P*, %	*F*, %	*P*, %	*F*, %	*P*, %	*F*, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0—1	25,87	100,0	25,36	100,0	27,03	100,0	25,60	100,0
2—5	59,22	74,13	61,03	74,64	55,62	72,97	56,20	74,40
6—9	13,41	14,91	12,49	13,61	15,12	17,35	16,33	18,20
10—13	1,16	1,50	1,03	1,12	1,65	2,23	1,78	1,87
14—17	0,34	0,34	0,09	0,09	0,58	0,58	0,09	0,09
18 и более	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл 3

Градации скорости ветра, м/с	Ю		ЮЗ		З		СЗ	
	P, %	*F*, %	*P*, %	*F*, %	*P*, %	*F*, %	*P*, %	*F*, %
1	10	11	12	13	14	15	16	17
0—1	26,25	100,0	27,20	100,0	25,60	100,0	23,28	100,0
2—5	54,46	73,75	57,67	72,80	56,02	74,40	56,01	76,72
6—9	16,64	19,29	12,73	15,13	16,64	18,38	17,95	20,71
10—13	1,89	2,65	1,85	2,40	1,03	1,74	2,27	2,76
14—17	0,68	0,76	0,55	0,55	0,63	0,71	0,49	0,49
18 и более	0,08	0,08	—	—	0,08	0,08	—	—

Данные в табл 3 получены следующим образом. Приведенные в табл 2 суммы повторяемости всех градаций ветра по одному направлению (например, для С сумма равна 14,69%) принимают за 100% и соответственно увеличивают повторяемости рассматриваемых градаций (для С в 1/0,1469 раз). Так, из столбца С табл. 2 повторяемость 0,05 градации 14—17 м/с переносится в соответствующую графу табл 3 равной $0,05 \cdot 1/0,1469 = 0,34$, для градации 10—13 м/с—$0,17 \cdot 1/0,1469 = 1,16$ и т д По значениям *F* и градациям скорости строятся для каждого румба режимные функции (рис). При построении режимной функции на графике откладывают для соответствующего *F* минимальное значение скорости в градации.

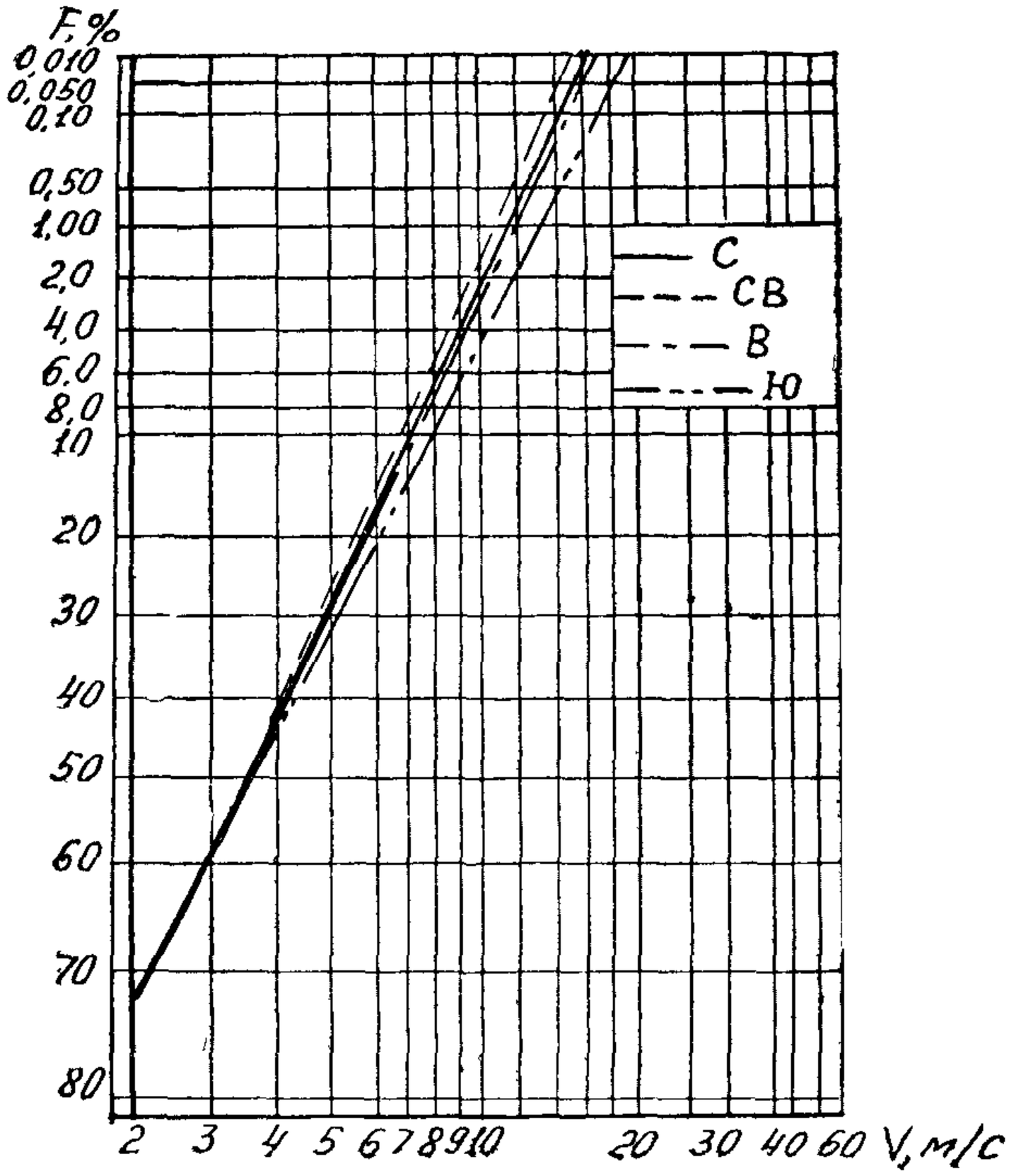


Рис Режимные функции скорости ветра (апрель—июнь 1968—1990 г)

Для определения скорости v_{zl} заданной обеспеченности $i\%$ определяют для каждого румба значение обеспеченности по формуле

$$F_{1/i}=4{,}17\,\frac{t}{Nn_tP_W}$$

где t—продолжительность шторма, для речных пойм принимают $t=6$ ч; N—число дней наблюдений в году за паводочный период; n_t—нормативная повторяемость в годах; P_W—повторяемость ветра рассматриваемого румба в долях единицы от ветра по всем румбам

В рассматриваемом примере принимаем число суток за полные месяцы апрель—июнь ($N=91$ день); нормативная повторяемость равна один раз в 25 лет ($n_t=25$ лет); доля повторяемости ветра по каждому румбу от ветра по всем румбам подсчитана в табл. 2 (см последнюю строчку).

Результаты расчета $F_{1/i}$ по каждому румбу приведены в табл. 4. В качестве примера определим значение $F_{1/i}=F_{25}$ для направления С

$$F_{25}=4{,}17\cdot\frac{6}{91\cdot25\cdot0{,}1469}=0{,}0749$$

На каждом румбе расчетные обеспеченности ветра F_{25}, определенные по ним по режимным функциям (рис.) скорости v_{zl}, коэффициенты k_z, k_{fl}, k_l и скорости ветра v_W (по формуле 12.2) приведены в табл 4.

Таблица 4

Направление ветра (румб)	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
F_{25}	0,0749	0,1033	0,0908	0,0981	0,0832	0,1197	0,0872	0,0674
v_{zl}, м/с	14,5	13,0	14,5	14,5	17,0	14,5	16,0	16,0
k_z	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
k_{fl}	0,985	1,021	0,985	0,985	0,94	0,985	0,956	0,956
k_l	1,226	1,148	1,112	1,058	1,256	1,056	1,17	1,234
v_W, м/с	17,5	14,9	15,9	15,1	20,1	15,1	17,8	18,9

Приложение 12.2

ПАРАМЕТРЫ

волн 1% обеспеченности в системе шторма и наката на откосы сооружений

Разгон волны L, км	Скорость ветра v_W, м/с	Средняя глубина акватории d, м	Параметры волн			Накат волны $h_{run1\%}$, м, на откос, укрепленный бетонными плитами при заложении m		
			высота $h_{1\%}$, м	средняя длина $\bar{\lambda}$, м	период T, сек.	2	3	10
0,1	5	1	0,1	0,6	0,6	0,1	0,1	0,0
	8	1	0,1	0,9	0,8	0,2	0,1	0,0
	10	1	0,1	1,0	0,8	0,2	0,1	0,0
	15	1	0,2	1,4	1,0	0,4	0,3	0,1
	20	1	0,2	1,7	1,0	0,6	0,4	0,1
	25	1	0,3	1,9	1,1	0,7	0,5	0,2
	30	1	0,4	2,4	1,2	0,9	0,6	0,2
0,2	5	1	0,1	0,8	0,7	0,2	0,1	0,0
	8	1	0,1	1,3	0,9	0,3	0,2	0,1
	10	1	0,2	1,6	1,0	0,3	0,2	0,1
	15	1	0,3	2,6	1,3	0,8	0,5	0,2
	20	1	0,3	2,7	1,3	0,9	0,6	0,2
	25	1	0,4	3,2	1,4	1,0	0,8	0,3
	30	1	0,5	3,6	1,5	1,3	0,9	0,3
0,4	5	1	0,1	1,4	0,9	0,2	0,2	0,1
	8	1	0,2	1,9	1,1	0,4	0,3	0,1
	10	1	0,2	2,4	1,2	0,5	0,3	0,1
	15	1	0,4	3,4	1,5	0,9	0,6	0,2
	20	1	0,5	4,2	1,6	1,3	0,9	0,3
	25	1	0,6	5,2	1,8	1,6	1,1	0,4
	30	1	0,7	5,5	1,9	1,9	1,3	0,5
0,8	5	1	0,2	1,9	1,1	0,3	0,2	0,1
	8	1	0,3	3,0	1,4	0,5	0,3	0,1
	10	1	0,3	3,3	1,5	0,6	0,4	0,1
	15	1	0,3	3,3	1,4	0,7	0,5	0,2

Продолжение таблицы

Разгон волны L, км	Скорость ветра v_W, м/с	Средняя глубина акватории d, м	Параметры волн: высота $h_{1\%}$, м	Параметры волн: средняя длина $\overline{\lambda}$, м	Параметры волн: период T, сек.	Накат волны $h_{run1\%}$, м, на откос, укрепленный бетонными плитами при заложении m: 2	3	10
1,5	20	2	0,5	5,0	1,8	1,1	0,7	0,2
		1	0,4	3,4	1,5	0,9	0,6	0,2
		2	0,6	6,6	2,0	1,5	1,0	0,4
		3	0,7	6,6	2,0	1,7	1,2	0,4
	25	1	0,4	3,3	1,5	1,0	0,7	0,2
		2	0,7	6,8	2,1	1,7	1,2	0,4
		3	0,9	7,6	2,2	2,0	1,4	0,5
	30	1	0,5	3,6	1,5	1,1	0,8	0,3
		2	0,8	6,8	2,1	1,9	1,3	0,5
		3	1,0	9,2	2,4	2,4	1,6	0,6
		4	1,1	9,2	2,4	2,8	1,7	1,4
	5	1	0,2	2,5	1,3	0,4	0,3	0,1
	8	1	0,3	3,3	1,5	0,6	0,4	0,1
	10	1	0,3	3,3	1,5	0,5	0,4	0,1
		2	0,4	5,2	1,8	0,8	0,5	0,2
	15	1	0,4	3,3	1,4	0,7	0,5	0,2
		2	0,6	6,6	2,1	1,3	0,9	0,3
		3	0,7	6,9	2,1	1,5	1,0	0,3
	20	1	0,4	3,4	1,5	0,9	0,6	0,2
		2	0,7	6,7	2,1	1,7	1,2	0,4
		3	0,9	9,3	2,4	2,1	1,4	0,5
		4	1,0	9,3	2,4	2,2	1,6	0,5
	25	1	0,4	3,3	1,5	1,0	0,7	0,3
		2	0,7	6,8	2,1	1,7	1,2	0,4
		3	1,0	9,9	2,5	2,5	1,7	0,6
		4	1,1	11,4	2,7	2,7	1,9	0,7
		5	1,2	11,4	2,7	2,8	1,9	0,7
	30	1	0,5	3,6	1,5	1,1	0,8	0,3
		2	0,8	6,8	2,1	1,9	1,3	0,5
		3	1,0	10,1	2,5	2,5	1,8	0,6
		4	1,3	13,0	2,9	3,1	2,2	0,8
		5	1,4	13,2	2,9	3,3	2,3	0,8
2,0	5	1	0,2	3,2	1,4	0,4	0,3	0,1
		2	0,3	3,8	1,6	0,6	0,4	0,1
	8	1	0,3	3,3	1,5	0,6	0,4	0,1
		2	0,4	5,9	1,9	0,8	0,6	0,2
		3	0,5	5,9	1,9	0,9	0,6	0,2
	10	1	0,3	3,3	1,5	0,5	0,4	0,1
		2	0,5	7,0	2,1	0,9	0,6	0,2
		3	0,6	7,5	2,2	1,1	0,7	0,2

Продолжение таблицы

Разгон волны L, км	Скорость ветра v_W, м/с	Средняя глубина акватории d, м	Параметры волн			Накат волны $h_{run1\%}$, м, на откос, укрепленный бетонными плитами при заложении m		
			высота $h_{1\%}$, м	средняя длина $\overline{\lambda}$, м	период T, сек.	2	3	10
	15	1	0,4	3,3	1,4	0,8	0,5	0,2
		2	0,6	6,6	2,1	0,9	0,7	0,3
		3	0,9	9,9	2,5	1,9	1,3	0,4
		4	0,9	11,1	2,7	2,2	1,4	0,5
	20	1	0,4	3,4	1,5	0,9	0,6	0,2
		2	0,7	6,7	2,1	1,7	1,2	0,4
		3	0,9	10,4	2,6	2,2	1,5	0,5
		4	1,2	12,8	2,9	2,8	1,9	0,7
		5	1,3	12,8	2,9	3,0	2,1	0,7
	25	1	0,4	3,3	1,5	1,1	0,7	0,3
		2	0,7	6,8	2,1	1,7	1,2	0,4
		3	1,0	9,9	2,5	2,5	1,7	0,6
		4	1,3	14,1	2,0	3,1	2,2	0,8
		5	1,5	16,8	3,3	3,6	2,5	0,9
		6	1,6	16,8	3,3	3,8	2,7	1,0
	30	1	0,5	3,6	1,5	1,1	0,8	0,3
		2	0 8	6,8	2,1	1,9	1,3	0,5
		3	1,1	10,1	2,5	2,6	1,8	0,6
		4	1,4	13,0	2,9	3,3	2,3	0,8
		5	1,7	17,3	3,3	4,1	2,8	1,0
		6	1,8	19,4	3,5	4,3	3,0	1,1
		7	1,9	19,4	3,5	4,5	3,1	1,1
		8	2,0	19,4	3,5	4,6	3,2	1,1
		9	2,0	19,4	3,5	4,7	3,3	1,2
3,0	5	1	0,2	3,2	1,4	0,4	0,3	0,1
		2	0,4	4,7	1,7	0,7	0,4	0,1
		3	0,4	4,7	1,7	0,7	0,4	0,1
	8	1	0,3	3,3	1,4	0,6	0,4	0,1
		2	0,5	7,1	2,1	0,9	0,6	0,2
		3	0,6	9,1	2,1	1,2	0,8	0,2
		4	0,7	9,5	2,5	1,3	0,9	0,3
	10	1	0,3	3,3	1,4	0,5	0,4	0,1
		2	0,5	7,9	2,1	0,9	0,6	0,2
		3	0,7	10,8	2,6	1,2	0,8	0,2
		4	0,8	11,3	2,7	1,5	1,0	0,3
	15	1	0,4	3,3	1,4	0,8	0,5	0,2
		2	0,6	6,6	2,1	1,3	0,8	0,3
		3	0,9	9,9	2,5	1,9	1,3	0,4
		4	1,1	13,6	3,0	2,4	1,6	0,6
		5	1,3	17,4	3,3	2,7	1,8	0,6
		6	1,3	17,4	3,3	2,8	1,9	0,6

Продолжение таблицы

Разгон волны L, км	Скорость ветра v_W, м/с	Средняя глубина аквато-рии d, м	Параметры волн			Накат волны $h_{run1\%}$, м, на откос, укрепленный бетонными плитами при заложении m		
			высота $h_{1\%}$, м	средняя длина $\bar{\lambda}$, м	период T, сек.	2	3	10
	20	1	0,4	3,4	1,5	0,9	0,6	0,2
		2	0,7	6,7	2,1	1,7	1,1	0,4
		3	0,9	10,4	2,6	2,2	1,5	0,6
		4	1,2	13,2	2,9	2,8	1,9	0,7
		5	1,5	16,4	3,2	3,6	2,4	0,9
		6	1,7	19,9	3,6	4,2	2,9	1,0
		7	1,7	22,4	3,8	4,2	2,9	1,0
		8	1,8	22,4	3,8	4,4	3,0	1,1
		9	1,9	22,4	3,8	4,5	3,1	1,1
	25	1	0,4	3,4	1,5	1,0	0,7	0,3
		2	0,7	6,8	2,1	1,7	1,2	0,4
		3	1,1	9,9	2,5	2,5	1,7	0,6
		4	1,3	14,0	3,0	3,2	2,2	0,8
		5	1,5	16,9	3,3	3,6	2,5	0,9
		6	1,8	19,7	3,6	4,2	2,9	1,0
		7	2,1	23,0	3,8	5,0	3,4	1,2
		8	2,3	36,3	4,1	5,5	3,8	1,4
		9	2,4	28,9	4,3	5,7	4,0	1,4
	30	1	0,5	3,6	1,5	1,1	0,8	0,3
		2	0,8	6,8	2,1	1,9	1,3	0,5
		3	1,1	10,1	2,5	2,6	1,8	0,6
		4	1,4	13,0	2,9	3,3	2,3	0,8
		5	1,7	17,2	3,3	4,1	2,8	1,0
		6	2,0	21,7	3,7	4,6	3,2	1,1
		7	2,2	24,0	3,9	5,1	3,5	1,2
		8	2,4	26,5	4,1	5,6	3,9	1,4
		9	2,8	29,7	4,4	6,6	4,5	1,6

Примечания:

1. Для получения волны $h_{5\%}$ (для расчета мощности укрепления) табличные значения умножают на 0,85.

2. Если укрепление производится не бетонными плитами, то накат волны на откос (графы 7, 8, 9) принимают с коэффициентами: 0,90—мощение камнем и укрепление дерновкой; 0,4—каменная наброска (при коэффициенте заложения откоса $m>5$ коэффициент равен 0,5).

ПРИМЕР

расчета параметров волн с учетом изменения глубины потока по длине разгона

Исходные данные. Расчетная скорость ветра $v_W=20$ м/с; длина разгона разбита на два участка: первый длиной $L_1=2{,}5$ км и глубиной потока в конце участка $d_1=3{,}5$ м; второй—с $L_2=1{,}2$ км и глубиной потока у насыпи $d_2=2{,}5$ м.

Требуется определить параметры волн у основания насыпи.

Р е ш е н и е.

Вначале определим параметры волн на первом участке согласно п 5 в п. 12 3.

По безразмерным характеристикам

$$\frac{gL_1}{v_W^2}=\frac{9{,}8\cdot 2500}{20^2}=64 \quad \text{и} \quad \frac{gd_1}{v_W^2}=\frac{9{,}8\cdot 3{,}5}{20^2}=0{,}086$$

с графика (рис. 12.3) снимаем безразмерное среднее значение высоты волны $\frac{g\overline{h_1}}{v_W^2}=0{,}0104$. Откуда средняя высота волны $\overline{h_1}=0{,}0104\cdot 20^2/9{,}8=0{,}43$ м.

Находим условную безразмерную глубину потока на втором участке

$$\frac{gd_2}{v_W^2}=\frac{9{,}8\cdot 2{,}5}{20^2}=0{,}0625.$$

Находим дополнительный разгон по графику (рис. 12.3) при $\frac{g\overline{h_1}}{v_W^2}=0{,}0104$ равный $g\,\Delta\, l/v_W^2=120$.

Находим безразмерный разгон на втором участке

$$gl_2/v_W^2=\frac{9{,}8\cdot 1200}{20^2}=30$$

Находим суммарный безразмерный разгон (с учетом условного разгона)

$$g\,\Delta\, l/v_W^2+\frac{gl_2}{v_W^2}=120+30=150.$$

По gd_2/v_W^2 и суммарному безразмерному разгону по графику (рис 12 3) находим $g\overline{h_2}/v_W^2=0{,}0102$ и $\overline{h_2}=0{,}0102\cdot\frac{v_W^2}{g}=0{,}42$ м.

Если бы $d_2=1{,}5$ м, то условный безразмерный разгон по графику найти нельзя, так как на глубине 1,5 м не при каком разгоне в конкретных условиях (при $v_W=20$ м/с) высота волны $\overline{h}=0{,}43$ м сформироваться не может.

Следовательно система волн, полученная при $d=3{,}5$ м, начнет трансформироваться.

Если по графику условный безразмерный разгон получить нельзя, то искомую среднюю высоту волны у насыпи следует определять по формуле (12 3)

$$\overline{h_2}=0{,}24d_2=0{,}24\cdot 1{,}5=0{,}36 \quad \text{м}.$$

Приложение 124

ОБЛАСТЬ
применения наиболее распространенных типов укрепления

Вид укрепления	Основные особенности и условия применения	Допускаемые значения		
		скорости течения при глубине потока у сооружения 1—4 м, м/с	высоты волны в диапазоне $m=2—5$, м	воздействия льда
	I Надводная зона и периодически подтопляемые откосы			
Засев травами	Необходимы благоприятные климатические условия (сезонность работ) и наличие растительного грунта Нельзя обеспечить надежную защиту в первый период	Неподтопляемые откосы		
Одерновка в клетку	Простота устройства, использование только местных материалов Сезонность работ. Применяется с целью экономии дерна	Неподтопляемые откосы		
Сплошная одерновка	Большие трудовые затраты, связанные с заготовкой и укладкой дерна Применяется для защиты от размыва периодически подтапливаемых откосов	0,7—1,3	0,2	—
Химическое закрепление грунтов смолами	Относительно малая стоимость, возможность механизации при пологих откосах Недолговечность покрытия	До 1,0	—	—
Грунтобетон	Использование местных материалов Требуются сжатые сроки укладки Значительные трудовые затраты, связанные с уходом за покрытием	До 1,5	0,2—0,3	—
Асфальтобетон (монолитный)	Высокая пластичность и водонепроницаемость обеспечивают бесшовность неразрезных креплений и отсутствие обратных фильтров Возможность механизации процесса на пологих откосах Из за недостаточной морозостойкости целесообразно применять в южных районах при небольшой глубине потока (плохая сопротивляемость взвешивающему давлению воды)	До 3,0	0,3—0,5	—

Продолжение

Вид укрепления	Основные особенности и условия применения	Допускаемые значения		
		скорости течения при глубине потока у сооружения 1 ÷ 4 м, м/с	высоты волны в диапазоне $m=2—5$, м	воздействия льда
	II. Зона переменного уровня			
Мощение камнем	Использование местных материалов. Требует больших затрат ручного квалифицированного труда. Разрушается при деформации грунтов основания. При крупности камня:			Слабый ледоход (разрушается при ударе льда)
	$d_к=0,15$ м	2,5—4,0	До 0,5	
	$d_к=0,25$ м	2,7÷4,5	0,7—0,9	
Каменная наброска	Использование местных материалов. Простота исполнения и ремонта. Возможна механизация. Значительный расход камня (особенно горной массы). Применяется в районах при наличии местного камня			Толщина льда и навалы ледяного поля не вызывают значительных повреждений. Разрушается от воздействия припая при изменении уровня воды
	При крупности камня:			
	$d_к=0,15$ м	2,2—3,5	До 0,5	
	$d_к=0,5$ м	3,0—4,5	1,4—1,8	
Гибкие решетчатые железобетонные покрытия (заполняемые камнем)	Сокращение расхода камня и уменьшение требуемой крупности по сравнению с каменной наброской до трех раз при воздействии волн и до двух при продольных течениях			См. каменную наброску
Габионы	Возможность использования низкосортного камня. Малый срок службы (из-за коррозии и разрыва сетки)—5—12 лет. Применяется на горных реках—при крупных грунтах и бурных потоках (большие скорости при малых глубинах)	До 6,0	До 1,5 (при $m\leqslant 1,0$)	Наличие льда сокращает срок службы покрытия

Продолжение

Вид укрепления	Основные особенности и условия применения	Допускаемые значения		
		скорости течения при глубине потока у сооружения 1÷4 м, м/с	высоты волны в диапазоне $m=2$—5, м	воздействия льда
Сборные железобетонные разрезные плиты	Гибкие индустриальные конструкции Требуют устройства обратных фильтров Допускают деформации откоса			
	При наибольшей толщине 20 см и длине ребра плиты до 3 м	До 4,0	1,5—2,0	До 0,6 м при $m=2$
Сборные железобетонные плиты, омоноличенные по контуру	Индустриальность конструкций Отсутствие обратных фильтров (укладываются на подготовку из щебня или гравия) Применяют при волновых воздействиях, при которых не обеспечивается устойчивость разрезных плит			
	При наибольшей толщине до 25 см и длине ребра карты в направлении, перпендикулярном линии уреза, до 20 м	До 3,5	До 4,0	До 0,80 м при $m=2$
Монолитные железобетонные плиты	Целесообразно применять при малых объемах работ, криволинейных участках или в сложных гидрологических условиях			
	При толщине до 0,5 м и ширине ребра до 15 м	До 5,0	До 6,0	До 1,4 м при $m=2$
Бетонные массивы	Применяют для устройства дамб, шпор и других незатопляемых регуляционных сооружений на горных реках с высокой амплитудой колебания уровня воды		Не являются лимитирующими, так как область применения укреплений (горные реки) характеризуется малыми волновыми и ледовыми воздействиями	
	При кубической форме со стороной 1,5 м.	До 6,0		
	То же 2 м	До 8,0		
Наброска из фасонных блоков	Гибкость конструкций, допускающих осадку сооружений Простота устройства укрепления, но сложность изготовления элементов Высокая волногасящая способность и сопротивляемость потоку. Применяются в сложных гидрологических условиях.			Воздействия льда не могут вызвать значительных повреждений
	При массе до 15 т	Свыше 6,0	Свыше 8,0 при $m\leqslant 1,5$	

Продолжение

Вид укрепления	Основные особенности и условия применения	Допускаемые значения		
		скорости течения при глубине по тока у сооружения 1—4 м, м/с	высоты волны в диапазоне $m=2—5$, м	воздействия льда
	III Подводные откосы и основания сооружений			
Хворостяные и камышитовые тюфяки	Большие трудозатраты по изготовлению тюфяка и значительный расход камня для пригрузки Применяют при наличии местных материалов на участках, находящихся все время под водой	До 2,0	—	—
Тонкие гибкие покрытия (железобетонные и асфальтобетонные) толщиной 5 см	Индустриальность изготовления и полная механизация процесса укладки «в воду», грунтонепроницаемость На откосе применяется на подготовке	До 1,5	0,7—1,0	0,2 м
Гибкие бесфильтровые железобетонные покрытия толщиной 10—15 см	Индустриальность изготовления и механизация процесса укладки Не требуется устройства обратных фильтров или подготовки. Рекомендуется для условий строительства насухо	До 3,0	До 1,7	До 0,6 м
Сборные бетонные плиты	Гибкость покрытий, хорошая сопротивляемость бурному потоку Увеличение расхода бетона по конструктивным соображениям При толщине менее 20 см блоки обламываются Коррозия металлических шарниров Применяются для защиты регуляционных сооружений на горных участках рек при гравийно-галечных грунтах	До 6,0	Не являются лимитирующими (см Бетонные массивы)	

Приложение 14.1

РАСЧЕТ
струенаправляющих дамб

Исходные данные примера прил 10 1 и прил 3 2· отверстие $L_м=195$ м, бытовой уклон водной поверхности $i=0{,}00081$; левая пойма пропускает в расчетный паводок 16% расхода и сложена супесью с расчетным сцеплением $C_р=0{,}06\cdot10^5$ Па; правая пойма пропускает 29,2% и сложена суглинком $C_р=0{,}2\cdot10^5$ Па Гидроморфологические характеристики живого сечения реки в створе перехода при расчетном расходе приведены в табл 1.

Таблица 1

Участки живого сечения	Расход, м³/с	Ширина участка, м	Средняя скорость, м/с	Средняя глубина, м	Коэффициент шероховатости
Коренное русло	2550	145	2,86	6,15	0,034
Левая пойма	745	350	0,815	2,61	0,074
Правая пойма	1355	1040	0,49	2,66	0,10
Все сечение	4650	1535	1,01	2,98	

Расчетный расход определен по снеговому (продолжительному) паводку По данным расчетов примера прил 10 1
площадь подмостового сечения до размыва (с учетом срезки) $\omega_{бм}=1040$ м^2,
коэффициент общего размыва под мостом $P=1{,}51$,
средняя скорость потока по всему живому сечению нестесненного потока $v_б=1{,}01$ м/с (см табл 1).

Р е ш е н и е I Для расчета плановых размеров струенаправляющих дамб предварительно определим максимальный Δh_{max} и предмостовой $\Delta h_в$ подпоры*

1 Определим среднюю скорость под мостом $v_м$ на момент осуществления $\alpha_р$ размыва Поскольку паводок снеговои, принимаем согласно п 3 в п 10 5 $\alpha_р=0{,}5$

При $\omega_{бм}=1140$ м^2 и $P=1{,}51$ по формуле (10 65)

$$v_м=\frac{4650}{1140\cdot(1+(1{,}51-1)\cdot 0{,}5)}=3{,}27 \text{ м/с}$$

2 Определяем по формуле (10 62) параметр β
Для этого находим
при глубине русла $H_р=6{,}15$ м и коэффициенте его шероховатости $n_р=0{,}034$ коэффициент трения по формуле (10 63)

$$\lambda_р=\frac{2\cdot 9{,}8\cdot 0{,}034^2}{6{,}15^{1/3}}=0{,}0123,$$

по формуле (10 64) определяем расчетную ширину разлива (при назначении ширины пойм, перекрытых насыпью, учитываем пойменные части отверстия левую $l_{пл}=15$ м и $B_{пм}=350-15=335$ м, правую $l_{пп}=35$ м и $B_{пб}=1040-35=1005$ м)

$$L_{разл}=1005\cdot\left(1+\frac{195}{1005+335}\right)=1200 \text{ м}$$

Пусть коэффициент извилистости русла равен $\gamma_р=1{,}0$ Тогда

$$\beta=\frac{0{,}0123}{6{,}15}\cdot 1{,}0\cdot 1200=1{,}46$$

3 По формуле (10 61) определяем коэффициент сопротивления моста (можно также пользоваться рис 10 12)

$$\eta=3{,}85 \lg 1{,}46+0{,}25=1{,}71$$

4 По формуле (10 60) определяем максимальный подпор у насыпи

$$\Delta h_{max}=1{,}71\frac{3{,}27^2}{2\cdot 9{,}8}=0{,}94 \text{ м}$$

---

* Излагается подробно как пример определения подпоров.

5. Определяем расстояние X_0 от створа моста до вертикали, где устанавливается предмостовой подпор, в такой последовательности:

а) По формуле (10 70) определяем коэффициент а (для простоты в качестве расхода, проходящего на ширине моста, принимаем расход в русле $Q_{рб}=2550$ м^3/с)

$$a=1{,}15\left(\frac{4650}{2550}\right)^{2/3}-0{,}8\cdot\left(\frac{4650}{2550}\right)\sqrt{\frac{1{,}01^2}{9{,}8\cdot 1200\cdot 0{,}00081}}=1{,}717-0{,}477=$$

$=1{,}24<2{,}5$, поэтому к расчету принимаем $a=1{,}24$.

б) По формуле (10 69)

$$X_0=1{,}24\cdot 1{,}01\sqrt{\frac{1200}{9{,}8\cdot 0{,}00081}}=485\text{ м}$$

6. По формуле (10.68) находим величину предмостового подпора

$$\Delta h_в=0{,}94-0{,}00081\cdot 485=0{,}65\text{ м}.$$

II. С учетом данных примера в прил 10 1 определим расчетные гидравлические характеристики потока у подошвы дамб в створе моста

1. У правого конуса глубина потока до размыва $h_{дмб}=3{,}15$ м, после размыва $H_п=3{,}53$ м По формуле (14 8) расчетная глубина потока у правого конуса

$$h_{дм(п)}=3{,}15+0{,}5\cdot(3{,}53-3{,}15)=3{,}34\text{ м}$$

2. При среднем удельном расходе в правой пойменной части отверстия $q_{пп}=11$ м^2/с, средней глубине потока на этой части отверстия до размыва $H_{дрп}=5{,}05$ м и то же у правого конуса $h_{дрп}=3{,}15$ м по формуле (10 21) при $y=1{,}17$ (связные грунты) удельный расход у подошвы правого конуса

$$q_п=11\left(\frac{3{,}15}{5{,}05}\right)^{1{,}17}=6{,}35\text{ м}^2/\text{с}$$

3 По формуле (10 3) скорость потока у подошвы правого конуса

$$v_{дм(п)}=6{,}35/3{,}34=1{,}9\text{ м/с}$$

4. Аналогично определяем расчетные гидравлические характеристики потока на вертикали у подошвы левого конуса (данные берем из примера в прил 10 1):

по формуле (14 8) при $h_{дмб}=2{,}55$ м и $H_л=4{,}32$ м $h_{дм(л)}=2{,}55+0{,}5\cdot(4{,}32-2{,}55)=3{,}43$ м;

при известном удельном расходе $q_л=4{,}30$ м^2/с расчетная скорость на этой вертикали $v_{дм(л)}=4{,}30/3{,}43=1{,}25$ м/с.

III. Определяем скорости потока в головах дамб $v_г$ со стороны правой (мощной) и левой (слабой) пойм.

1 Определяем по формуле (14 14) коэффициент φ_l для двух пойм при $Q_{бм}=2550$ м^3/с и коэффициентах стеснения потока правым (мощным) $\delta_м=0{,}292$ и левым $\delta_с=0{,}16$ подходами.

$$\varphi_м=\frac{(4650/2550)^2\cdot(0{,}292+2550/4650)^2-1}{(4650/2550)^2-1}=0{,}583;$$

$$\varphi_с=\frac{(4650/2550)^2\cdot(0{,}16+2550/4650)^2-1}{(4650/2550)^2-1}=0{,}288.$$

2 По формуле (14 13) с учетом формулы (14 10) находим фиктивную глубину потока у подошвы головы дамбы на мощной пойме (при глубине потока на этой вертикали $h_б=3{,}15$ м—см рис. Д в прил 3 2)

$$H_{г(м)}=(3{,}15+0{,}65)\cdot 0{,}583+3{,}15\cdot(1-0{,}583)=3{,}53\text{ м}.$$

3 Определяем фиктивные средние уклоны свободной поверхности потока перед мостом с учетом правой (мощной) $\iota_{м(м)}$ и левой $\iota_{м(с)}$ пойм по форму ле (14 19):

$$\iota_{м(м)} = 0{,}00081 + 0{,}583 \cdot 0{,}65/485 = 0{,}00081 + 0{,}000782 = 0{,}001591,$$

$$i_{м(с)} = 0{,}00081 + 0{,}288 \cdot 0{,}65/485 = 0{,}000944$$

4 По формуле (14 11) скорость потока в голове дамбы со стороны мощной поймы при коэффициенте Шези $C_{г(м)} = \frac{3{,}53^{1/6}}{0{,}10} = 12{,}37$ равна

$$v_{г(м)} = 12{,}37 \cdot \sqrt{3{,}53 \cdot 0{,}292} \cdot (0{,}00081 \cdot 0{,}001591)^{1/4} = 0{,}43 \text{ м/с}$$

5 По формуле (14 15) находим показатель степени

$$\beta = \frac{1{,}55 \cdot 0{,}43}{\sqrt{9{,}8 \cdot 3{,}53}} = 0{,}112 < 0{,}2$$

К расчету принимаем $\beta = 0{,}2$
По формуле (14 12)

$$v_{г(с)} = 0{,}43 \cdot (0{,}16/0{,}292)^{1/3} \left(\frac{0\ 001591}{0\ 000944} \right)^{0{,}1} = 0{,}37 \text{ м/с}$$

IV Определяем плановые размеры дамб в такой последовательност*и*
1 Радиусы кривизны токов в головах дамб равны
со стороны правой (мощной) поймы по формуле (14 16)

$$\rho_{min(м)} = \frac{0{,}43^2}{9{,}8} \cdot \frac{0{,}001591^{0\,2}}{0{,}00081} \left(1 - (0{,}292 + 0{,}16)\right)^{0{,}4} = 5{,}12 \text{ м},$$

со стороны левой поймы по формуле (14 17)

$$\rho_{min(с)} = \left(\frac{0{,}16}{0{,}292} \right)^{2/3} \cdot 5{,}12 = 3{,}43 \text{ м}$$

2 По формуле (14 7) или рис 14 5 определяем отношение полуосей дамб при значениях скоростей для правой дамбы $v_{дм(п)} = 1{,}9$ м/с, $v_{г(м)} = 0{,}43$ м/с и левой $v_{дм(л)} = 1{,}25$ м/с, $v_{г(с)} = 0{,}37$ м/с

Для правой дамбы

$$\lambda_п = \sqrt{2 \ln 1{,}9/0{,}43 + 1} = 2$$

Для левой дамбы

$$\lambda_л = \sqrt{2 \ln 1{,}25/0{,}37 + 1} = 1{,}87$$

3 Определяем длину вылета $l_в$ и ширину разворота b для дамб по соответствующим формулам (14 3) и (14 4)
для правой дамбы

$$l_в = 2^2 \cdot 5{,}12 = 20{,}48 \text{ м},$$

$$b = 2 \cdot 5{,}12 = 10{,}24 \text{ м},$$

для левой дамбы

$$l_в = 1{,}87^2 \cdot 3{,}43 = 12{,}0 \text{ м},$$

$$b = 1{,}87 \cdot 3{,}43 = 6{,}42 \text{ м}$$

Полученные размеры принимают по внешней бровке (со стороны русла) верха дамб По всей видимости, особенно со стороны левого берега, дамба может быть заменена уширенным конусом

Для прикидочных расчетов по формуле (14 5) ширина разворота дамб равна со стороны правой поймы

$$b = 1{,}11 \cdot 0{,}292 \;\; 145 = 46{,}9 \text{ м},$$

со стороны левой поймы $b = 1{,}11 \cdot 0{,}16 \cdot 145 = 25{,}7$ м

Принимая значения отношений полуосей по А М. Латышенкову (см п 10 в п 10 5), имеем длины вылета дамб

со стороны правой поймы при $\lambda = 1{,}83$ $l_в = 1{,}83 \cdot 46{,}9 = 85{,}8$ м.

со стороны левой поймы при $\lambda = 1{,}67$ $l_в = 1{,}67 \cdot 25{,}7 = 39{,}6$ м Как видим, точный метод позволяет существенно сократить размеры дамб

V. Глубину местного размыва у голов дамб (конусов) определяем по формуле (14 22)

1 Для правосторонней дамбы имеем следующие исходные данные

глубина потока в голове дамбы (с учетом подпора) $H_г = 3{,}15 + 0{,}65 = 3{,}80$ м,

неразмывающая скорость для связного грунта с $C_р = 0{,}2 \cdot 10^5$ Па и $H = H_г = 3{,}80$ м по графику (рис. 10 4) $v_0 = 1{,}95$ м/с, в районе дамбы будет проведена расчистка от деревьев и коэффициент шероховатости будет равен $0{,}05 - 0{,}06 = 0{,}055$; к расчету поэтому следует принимать неразмывающую скорость (см п 10 в п 10 3) $v_0 = 1{,}95 \cdot \dfrac{0{,}03}{0{,}055} = 1{,}06$ м/с;

скорость потока в голове дамбы $v_г = 0{,}43$ м/с;

по табл 14 1 при коэффициенте заложения откоса дамб $m = 2$ коэффициент $K_m = 0{,}77$

2 Для левосторонней дамбы:

при отметках дна поймы в голове дамбы 122,6 м, $УВВ_{1\%} = 125{,}15$ м и предмостовом подпоре $\Delta h_в = 0{,}65$ м глубина потока в голове дамбы $H_г = 125{,}15 - 122{,}6 + 0{,}65 = 3{,}20$ м;

при $C_р = 0{,}06$ 10^5 Па и $H = 3{,}20$ м по графику (рис 10 4) $v_0 = 1{,}12$ м/с, а к расчету принимаем $v_0 = 1{,}12 \dfrac{0\,03}{0{,}055} = 0{,}61$ м/с,

$v_г = 0{,}37$ м/с и $K_m = 0{,}77$

3 У левобережной дамбы глубина местного размыва будет равна

$$h = \left(2 \frac{0{,}37}{0{,}61} - 1\right) 3{,}20 \cdot 0{,}77 = 0{,}53 \text{ м}$$

У правобережной дамбы (у подошвы ее головы) размыва не будет, поскольку $2\ v_г/v_0 = 2 \dfrac{0{,}43}{1{,}06} < 1$.

VI Расчет укреплений откосов дамб (конусов) от продольных течений.

Определяющим для расчета укреплении является скорость потока у подошвы дамбы в створе моста $v_{дм}$.

Со стороны правой дамбы $v_{дм(п)} = 1{,}9$ м/с, с левой—$v_{дм(л)} = 1{,}25$ м/с

1 Требуемую крупность камня для укрепления откосов каменной наброской определяем по формуле (14 23) при $m = 2$ и $m_0 = 1{,}25$

для правобережной дамбы

$$d_к = \frac{1{,}9^2}{4 \cdot 9{,}8} \cdot \frac{}{\sqrt{2^2 - 1{,}25^2}} = 0{,}117 \text{ м};$$

для левобережной дамбы

$$d_к = \frac{1{,}25^2}{4 \cdot 9{,}8} \frac{2}{\sqrt{2^2 - 1{,}25^2}} \approx 0{,}05 \text{ м}$$

2 Определяем по формуле, приведенной в табл 12 8, требуемую по условиям устоичивости толщину $\delta_{пл}$ железобетонных плит Принимаем стыковку плит с закрытыми швами ($k_{пл} = 1{,}43$) и плотность плиты $\rho_{пл} = 2400$ кг/м^3

Тогда для правобережной дамбы

$$\delta_{пл} = 0{,}22 \cdot 1{,}43 \cdot \frac{1{,}9^2}{9{,}8} \frac{1000}{2400 - 1000} = 0{,}083 \text{ м}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Альбом конструкций крепления откосов земляного полотна железных и автомобильных дорог общей сети Союза ССР Инв № 750, Мосгипротранс, 1970, 197 с

2 Альбом конструкций укрепления откосов земляного полотна автомобильных дорог общего пользования Вып О Серия 3 503 9—78 Союздорпроект. Изд Новосибирск ф л ЦИТФ, 1989, 82 с

3 Барышников Н Б Морфология, гидрология и гидравлика пойм Л Гидрометеоиздат, 1984, 280 с

4 Бегам Л Г Алтунин В С, Цыпин В Ш Регулирование водных потоков при проектировании дорог М Транспорт, 1977 304 с

5 Бегам Л Г, Цыпин В Ш Надежность мостовых переходов через водотоки М Транспорт, 1984 253 с

6 ГОСТ 26775—85 Габариты подмостовых судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях М Государств комитет СССР по делам строительства, 1986 8 с

7 Готлиб Я Я, Донченко Р В, Пехович А И Лед в водохранилищах и нижних бьефах ГЭС Л Гидрометеоиздат, 1983 200 с

8 Гришанин К В Динамика русловых потоков Л Гидрометеоиздат, 1979 312 с

9 Грушевский М С Неустановившееся движение воды в реках и каналах Л Гидрометеоиздат, 1982 288 с

10 Дементьев В А Искусственные сооружения на водотоках с наледями Стройиздат, 1983 181 с

11 Донченко Р В Ледовый режим рек СССР Л Гидрометеоиздат, 1987 247 с

12 Дорожно мостовая гидрология Справочник Под ред Б Ф Перевозникова М Транспорт, 1983 199 с

13 Езерский О Е О расчете отверстий мостов на нижних бьефах низконапорных плотин Транспортное строительство 1979, № 3 с 45—47

14 Железняков Г В Гидрология и гидрометрия М Транспорт, 1989 376 с

15 Железные дороги в долинах рек Под ред Переселенкова Г С М Транспорт, 1991 344 с

16 Жуков В Ю, Синютин В Д Влияния формы опор на проход карчехода в пролетах моста Изв вузов Сер Стр во и архитектура, 1976, № 7 С 136—138

17 Жуков В Ю, Юрков Ф Х, Домогашев В Н Прогнозирование интенсивности карчехода на горно таежных реках Изв вузов Сер Стр во и архитектура, 1978 № 5 С 128—131

18 Залесский В Ф Новая модификация распределения вероятностей Пирсона III типа Сборник научных трудов ЦНИИС Пути повышения качества и надежности проектирования и строительства транспортных сооружений 1988 С 127—131

19 Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в районах распространения вечной мерзлоты ВСН 84—89 М Союздорнии, 1990 271 с

20 Инженерно геодезические изыскания железных и автомобильных дорог ВСН 208—89 М ВПТИтрансстрой, 1990 111 с

21 Инженерно-геологические изыскания железнодорожных, автодорожных и городских мостовых переходов ВСН 156—88 М Минтрансстрой, 1989 28 с

22 Инструкция по определению расчетных характеристик дождевых селей ВСН 03—76 Л Гидрометеоиздат, 1976 29 с

23 Инструкция по проектированию и постройке металлических гофрированных водопропускных труб ВСН 176—78 Минтрансстрой СССР М Оргтрансстрой, 1979 130 с

24 Инструкция по проектированию и строительству противоселевых сооружений СН 518—79 М Стройиздат, 1981 14 с
25 Инструкция по расчету ливневого стока с малых водосборов ВСН 63—76 М Минтрансстрой, 1976 103 с
26 Инструкция по сооружению земляного полотна нефтепромысловых дорог на слабых озерно-болотистых и пойменных отложениях с использованием местных грунтов в условиях постоянного и временного подтопления РД 39 3-30—77 Тюмень, 1978 59 с
27 Инструкция по фотограмметрическим работам при составлении топографических карт и планов М Недра, 1974 80 с
28 Инструкция по фотографической съемке в масштабах 1 5000, 1 2000, 1 500 (ГКИНП 02-33—82) М Недра, 1982 157 с
29 Каталог заторных и зажорных участков рек СССР Том I Л Гидрометеоиздат, 1976 260 с
30 Козлов Д В, Юрченко Н Ф Вопросы эксплуатации комплексных гидроузлов в зимних условиях Сб Гидравлика мелиоративных каналов, коллекторов, сооружений и трубопроводов М МГМИ, 1990 с 47—56
31 Кондратьев Е Н, Попов И В, Снищенко Б Ф Основы гидроморфологической теории руслового процесса Л Гидрометеоиздат, 1982 271 с
32 Костелянец Б А, Лиштван Л Л Уширение речного русла при общем размыве // Транспортное стр во 1986 № 10 С 14—15
33 Лиштван Л Л Определение зоны затопления при прохождении прорывной волны // Гидротехника и мелиорация 1981 № 4 С 37—38
34 Методические рекомендации по определению наивысших заторных уровней воды при проектировании мостовых переходов и насыпей на прижимных участках рек в районах Севера, Сибири и Якутской АССР М ЦНИИС, 1983, 21 с
35 Методические рекомендации по определению расходов воды при проектировании переходов через водотоки в зоне воздействия некапитальных плотин М ЦНИИС, 1981, 17 с
36 Методические рекомендации по определению характеристик ледового режима рек северной части Сибири М Гидрометцентр СССР, 1984, 40 с
37 Методические рекомендации по расчету максимального дождевого стока и его регулированию М Союздорпроект, 1980 141 с
38 Методические рекомендации по технологии автоматизированного выполнения гидрометрических работ на изысканиях мостовых переходов М ЦНИИС, 1984 40 с
39 Методические рекомендации по учету стока на реках в зимний и переходный периоды Л ГГИ, 1980 30 с
40 Методические указания по борьбе с заторами и зажорами льда М Энергия, 1970 150 с
41 Методические указания по применению наземной стереофотограмметрической съемки на изысканиях дорог М ЦНИИС 1972 130 с
42 Милитеев А Н, Цыпин В Ш Гидравлический расчет пойменных мостов // Транспортное стр во 1991 № 5 С 13—14.
43 Наставление гидрометрическим станциям и постам Вып 6 Часть I Гидрометеоиздат, 1978 384 с
44 Нормы производства инженерно-геологических изысканий для строительства на вечномерзлых грунтах РСН 31—83 М Госстрой, 1983 43 с
45 Основные положения по аэрофотосъемке выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов (ГКИНП 09 32—80) М Недра, 1982 16 с
46 Параметры ветровых волн, воздействующих на откосы транспортных сооружений на реках ВСН 206—87 Минтрансстрой М ЦНИИС, 1987 57 с
47 Перевозников Б Ф Водопропускные сооружения лоткового типа М Транспорт, 1978 204 с
48 Перевозников Б Ф Опыт обоснования расчетных максимумов дождевого стока для строительства внегородских автомобильных дорог М. Транспорт, 1979 64 с
49 Перевозников Б Ф Расчеты максимального стока при проектировании дорожных сооружений М Транспорт, 1975 304 с

50 Пехович А И. Основы гидроледотермики. Л Энергоиздат, 1983 199 с

51 Пособие по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений М . Транспорт, 1991 (в печати)

52. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик Л Гидрометеоиздат, 1984. 448 с.

53. Рекомендации по расчету зажорных явлений в нижних бьефах ГЭС Л.: Гидрометеоиздат, 1977 31 с

54. Рекомендации по укреплению откосов сооружений мостовых переходов и насыпей на прижимных участках рек наброской из каменных материалов / ЦНИИС М , 1979 60 с

55 Рекомендации по проектированию струенаправляющих дамб на мостовых переходах через равнинные реки. / ЦНИИС. М , 1982 57 с.

56 Рекомендации по учету деформаций речных русел при проектировании инженерных сооружений на реках зоны БАМ Л Гидрометеоиздат, 1983. 71 с

57 Рекомендации по методике определения экстремальных гидрометеорологических характеристик / ПНИИИС Госстроя СССР, 1986. 32 с

58 Рекомендации по производству опережающих исследовании для строительства в районах распространения вечномерзлых грунтов М Стройиздат, 1986 86 с.

59 Рекомендации по прогнозу деформаций речных русел на участках размещения карьеров и в нижних бьефах гидроузлов Л · Гидрометеоиздат, 1988 128 с

60 Рекомендации по инженерно-геокриологическим изысканиям для строительства мостов и труб на вечномерзлых грунтах севера Тюменской обл , включая Ямал / ЦНИИС, М , 1988 80 с

61. Руководство по изучению селевых потоков. Л : Гидрометеоиздат, 1976. 29 с

62. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых ледовых и от судов). П 58—76 / ВНИИГ. Л , 1977 316 с

63. Руководство по проектированию искусственных сооружений автомобильных дорог на водотоках с наледями. М.: Транспорт, 1978. 61 с.

64 Руководство по проектированию оснований и фундаментов на вечномерзлых грунтах М : Стройиздат, 1980. 303 с.

65 Руководство по определению допускаемых неразмывающих скоростей водного потока для различных грунтов при расчете каналов / ВНИИГиМ. М , 1981. 57 с.

66. Руководство по гидрологическим расчетам при проектировании водохранилищ Л : Гидрометеоиздат, 1983. 284 с.

67. Руководство по проектированию карьеров Мероприятия по предотвращению понижения уровней воды. М : Транспорт, 1987. 51 с.

68 Рыбоохрана Сб. документов. Под ред. В М. Каменцева М Юридическая литература, 1988. 614 с

69. Строительные нормы и правила СНиП 1 02 07—87 Инженерные изыскания для строительства. / Госстрой СССР, ГУГК СССР, М . ЦИТП Госстроя СССР, 1988 104 с

70 Строительные нормы и правила СНиП 2 01 01—82. Строительная климатология и геофизика М.: Стройиздат, 1983 136 с

71 Строительные нормы и правила. СНиП 2 01 14—83. Определение основных гидрологических характеристик. / Госстрой СССР. М : Стройиздат, 1985 36 с

72. Строительные нормы и правила. СНиП 2 02 01—83 Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования / Госстрой СССР. М : Стройиздат. 1985 40 с.

73 Строительные нормы и правила СНиП 2 02 03—85 Свайные фундаменты / Госстрой СССР М : ЦИТП Госстроя СССР, 1986 48 с

74. Строительные нормы и правила. СНиП 2 03 11—85. Защита строительных конструкций от коррозии / Госстрой СССР. М : Стройиздат, 1986 45 с.

75 Строительные нормы и правила ТНиП 2 05 03—84. Мосты и трубы. / Госстрой СССР М · ЦИТП Госстроя СССР, 1985. 200 с

76 Строительные нормы и правила СНиП 2 05 02—85 Автомобильные дороги / Госстрои СССР М ЦИТП Госстроя СССР, 1985 56 с
77 Строительные нормы и правила СНиП 2 05 06—85 Магистральные трубопроводы / Госстрой СССР М ЦИТП Госстрой СССР, 1988 52 с
78 Строительные нормы и правила СНиП 2 05 11—83 Внутрихозяйственные автомобильные дороги в колхозах, совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и организациях / Госстрой СССР М Стройиздат, 1984 23 с
79 Строительные нормы и правила СНиП 2 06 01—86 Гидротехнические сооружения Основные положения проектирования / Госстрой СССР М ЦИТП Госстроя СССР, 1989 32 с
80 Строительные нормы и правила СНиП 2 06 04—82* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) / Госстрой СССР М ЦИТП Госстроя СССР 1989 40 с
81 Строительные нормы и правила (СНиП II-39—76) Железные дороги колеи 1520 мм М Стройиздат, 1977 68 с
82 Строительные нормы и правила (СНиП II-7—81) Строительство в сейсмических районах М Стройиздат, 1982 49 с
83 Строительные нормы и правила (СНиП II 18—76) Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах М Стройиздат, 1977 48 с
84 Соколов Ю Н Гидравлическое сопротивление пойм // Водные ресурсы 1980, № 6 С 143—154
85 Технические указания по применению аэрометодов при изысканиях мостовых переходов (ВСН 37—67) М Оргтрансстрой, 1967 59 с
86 Типовая технологическая схема добычи песка, гравия и песчано гравийной смеси в руслах рек и других судоходных водоемах М Транспорт, 1980 71 с
87 Указания по повышению несущей способности земляного полотна и дорожных одежд с применением синтетических материалов ВСН 49—86 Минтрансстрой М Транспорт 1988
88 Условные знаки для топографических планов 1 5000, 1 2000, 1 1000, 1 500 ГУГК СССР М Недра, 1989 286 с
89 Учет деформаций речных русел в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов) ВСН 163—83 Миннефтегазстрой Л Гидрометеоиздат, 1985 143 с
90 Херхеулидзе И И Сквозные защитные и регулирующие сооружения из сборного железобетона на горных реках М Гидрометеоиздат, 1967 131 с
91 Цыпин В Ш, Цыпина М В К определению оптимальной вероятности расчетного паводка при проектировании мостовых переходов // Гидротехническое строительство, 1986 № 4 С 16—19
92 Цыпин В Ш К определению рабочего уровня воды для вспомогательных сооружений // Транспортное стр-во, 1988 № 9 С 12—13
93. Шарп Д Д Гидравлическое моделирование М Мир 1984, 280 с
94 Юдин Л Н, Марченко А С, Лагутина Т А Нестандартные характеристики геотекстиля // Транспортное строительство, 1990 № 8 С 20—22

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Основные положения 5

Глава 1 **Подготовительные и инженерно-геодезические работы**

А Подготовительные работы 7

1 1 Выбор места мостового перехода 7

1 2 Составление ситуационно гидрологической схемы мостового перехода по имеющимся материалам 11

1 3 Источники и методы получения исходной информации о районе мостового перехода 13

1 4 Определение объема, методов выполнения и программы инженерно-гидрологических работ 16

Б Топографо геодезические работы 19

1 5 Инженерно топографические планы мостовых переходов и требования к ним 19

1 6 Съемочная геодезическая сеть 20

1 7 Аэрофототопографическая съемка 23

1 8 Наземные топографические съемки 27

Глава 2 **Гидрометрические работы**

А Наземные работы (контактный метод) 29

2 1 Цели и методы выполнения работ 29

2 2 Организация работ 29

2 3 Оборудование и устройства для наблюдений за водным режимом реки 30

2 4 Уровни воды 32

2 5 Глубина потока 33

2 6 Измерение скоростей и направлений течения поплавками 35

2 7 Измерения скоростей течения воды вертушками 39

2 8 Камеральная обработка измерений расходов и уровней воды 41

2 9 Ледовые явления 45

Б Аэрогидрометрические работы (дистанционный метод) 49

2 10 Организация аэрогидрометрических работ 49

2 11 Линейные аэрогидрометрические изыскания 51

2 12 Камеральная обработка аэрофотоснимков 54

Глава 3 **Морфометрические работы**

3 1 Назначение морфометрических работ 61
3 2 Определение уровенного режима 62
3 3 Продольный профиль реки 63
3 4 Выбор и съемка морфостворов 64
3 5 Камеральная обработка 66

Глава 4 **Обследование существующих сооружений и долинных ходов**

4 1 Обследование искусственных водотоков 71
4 2 Обследование существующих мостовых переходов 73
4 3 Обследование некапитальных плотин 76
4 4 Обследование конусов выноса и селевых потоков 78
4 5 Определение гидрологических характеристик долинных ходов трассы 84

Глава 5 **Инженерно-геологические работы**

5 1 Общие положения 87
5 2 Изыскания для разработки ТЭО и ТЭР строительства 90
5 3 Изыскания для составления проекта 93
5 4 Изыскания для рабочей документации (рабочего проекта) 109

Глава 6 **Научное сопровождение проектов мостовых переходов**

6 1 Цели, организация и методы исследований 115
6 2 Физическое моделирование 117
6 3 Математическое моделирование 119
6 4 Основные принципы назначения запасов размеров сооружений мостового перехода с позиций теории надежности 121

Глава 7 **Гидрологические расчеты водотоков с ненарушенным бытовым режимом**

7 1 Требования к исходным материалам и вероятности превышения расчетных гидрологических параметров 125
7 2 Расчет расходов и уровней воды при наличии или недостаточности данных гидрометрических наблюдений 132
7 3 Расчеты максимального стока весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений 141
7 4 Расчеты максимального стока дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений 143
7 5 Расчетные гидрографы весеннего половодья и дождевых паводков 145
7 6 Линейно региональные нормы для расчетов максимального дождевого стока в неизученных районах СССР и зарубежных странах 148
7 7 Перенос уровней и расходов с водпостов на створ перехода 157
7 8 Расчет судоходного и меженного уровней в створе перехода 159

7.9. Продолжительность стояния уровней. Расчет рабочего уровня 163
7.10. Максимальные расходы и объемы выносов селевых потоков 167
7.11. Расчеты ледового режима рек 172

Глава 8. **Гидрологические расчеты водотоков с нарушенным бытовым режимом**

8.1. Построение кривой свободной поверхности водотока в условиях подпора 177
8.2. Расчеты при сгонно-нагонных и приливно-отливных явлениях 181
8.3. Определение расчетных расходов на переходах, расположенных в зоне влияния плотин 184
8.4. Ледовый режим зарегулированных рек 188

Глава 9. **Прогнозы русловых процессов**

9.1. Типизация и задачи прогнозирования руслового процесса 192
9.2. Ленточногрядовый тип русла 193
9.3. Побочневый тип русла 194
9.4. Ограниченное меандрирование русла 196
9.5. Свободное меандрирование русла 198
9.6. Незавершенное меандрирование русла и пойменная многорукавность 202
9.7. Русловая многорукавность 204

Глава 10. **Расчеты при назначении отверстий мостов**

10.1. Размещение и назначение отверстий мостов . . . 207
10.2. Габариты подмостовых пролетов 209
10.3. Основные расчетные характеристики грунтов и наносов 212
10.4. Расчет общего размыва подмостовых сечений . . . 220
10.5. Расчет местного размыва у опор мостов 229
10.6. Расчет подпоров и перепадов уровней воды у сооружений мостового перехода 238
10.7. Косвенные способы оценки гидроморфологических данных для приближенного назначения отверстий мостов 243

Глава 11. **Расчет отверстий мостов в особых условиях**

11.1. Мосты, расположенные ниже плотин 246
11.2. Расчет групповых отверстий 249
11.3. Отверстия при переменном подпоре 254
11.4. Расчеты отверстий и регуляционных сооружений мостовых переходов на горных реках, конусах выноса и селевых потоках 258
11.5. Особенности проектирования мостов на водотоках с наледями 268
11.6. Гидравлические расчеты при наличии карчехода . . 269
11.7. Отверстия мостов, располагаемых вблизи существующих 270

Глава 12 **Воздействия течений, волн и льда на сооружения мостовых переходов**

12 1 Параметры воздействия водного потока 272
12 2 Параметры ледового воздействия 273
12 3 Расчет ветровых и судовых волн и их наката на откосы сооружений 279
12 4 Выбор типов укрепления 288

Глава 13 **Проектирование пойменных насыпей**

13 1 Конструкция незатопляемых пойменных насыпей 292
13 2 Затопляемые пойменные насыпи автомобильных дорог 295
13 3 Учет гидрологических условий при проектировании вторых путей и реконструкции железных дорог 302

Глава 14 **Проектирование регуляционных сооружений и реконструкция мостовых переходов**

14 1 Срезка грунта в подмостовых сечениях 304
14 2 Расчет струенаправляющих дамб 306
14 3 Расчет поперечных регуляционных сооружений 313
14 4 Спрямление русел и водоотводы на поймах 317
14 5 Причины нарушения и методы усиления водопропускной способности мостовых переходов 318
14 6 Реконструкция существующих регуляционных сооружений 326

Глава 15 **Мостовые переходы и охрана окружающей среды**

15 1 Природоохранные мероприятия при изысканиях и в проектах мостовых переходов 328
15 2 Экологические аспекты при пересечении пойменных массивов 332
15 3 Требования, предъявляемые к проектированию карьеров 333

Приложения

2 1 Термины ледовых образований и явлений на реках 340
3 1 Форма акта о режиме реки 341
3 2 Пример оформления чертежей морфометрических работ 344
3 3 Коэффициенты шероховатости естественных русел каналов и пойм 344
3 4 Таблица динамических скоростей потока в руслах рек на пике паводка $p\%$ вероятности превышения 349
3 5 Характерные уровни воды, используемые при проектировании мостовых переходов 350
4 1 Определение состава крупнообломочного аллювия 351
6 1 Примеры математического моделирования гидравлической работы эксплуатируемых и проектируемых мостовых переходов **354**
7 1 Спрямляющие клетчатки трехпараметрического гамма распределения на вклейке, стр 354—355
7 2 Номограммы для вычисления параметров трехпараметрического гамма распределения C_v и C_s методом наибольшего правдоподобия

7.3. Ординаты интегральных кривых распределения вероятностей по С. Н. Крицкому—М. Ф. Менкелю . . 356
7.4. Отклонение ординат кривой вероятностей превышения Пирсона III типа от середины при $\bar{x}=1$ и $C_v=1$ (по Фостеру—Рыбкину) 361
7.5. Материалы к расчету ливневых расходов воды . . 364
7.6. Материалы к расчету селевых потоков 369
8.1. Значения функций $f_1(z/h_0)$ и $f_2\left(\frac{z+h_0}{h_0}\right)$ 372
8.2. Пример расчета максимального расхода прорывной волны некапитальной плотины 373
10.1. Пример расчета отверстия и общего размыва под мостом 374
10.2. Примеры расчета местного размыва у промежуточной опоры моста 379
11.1. Пример расчета водопропускной способности пойменных мостов 383
12.1. Пример определения расчетных скоростей ветра по срочным наблюдениям на гидрометеостанции . . . 386
12.2. Параметры волн 1% обеспеченности в системе шторма и наката на откосы сооружений 390
12.3. Пример расчета параметров волн с учетом изменения глубины потока по длине разгона 394
12.4. Область применения наиболее распространенных типов укрепления 395
14.1. Расчет струенаправляющих дамб 398
Список литературы 403

Техн. редактор *О. И. Корякина*

Сд. в набор 21.11.91. Подписано в печать 11.11.92. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетна
Гарнитура литературная. Печать офсетная и высокая. Усл. печ. л. 25,75+вк
Усл. кр.-отт. 25,75. Уч.-изд. л. 33,06. Изд. № 56. Тир. 2500. Зак. 5606.

Проектный конструкторско-технологический институт транспортного строительст
«ПКТИтрансстрой», 119819, Москва, 2-й Зачатьевский пер., д. 2, корп. 7.
МП «Вельти», 165100, г. Вельск Архангельской обл.

ОПЕЧАТКИ

Стр	Строка	Напечатано	Следует читать
77	8 снизу	$H \approx \left(\frac{Q_{p\%}}{m_в \sqrt{2g}} \right)$,	$H \approx \left(\frac{Q_{p\%}}{m_в \sqrt{2g}} \right)^{2/3}$,
137	3 снизу	(7 9)—(7.16)	(7 7)—(7.14)
139	4 снизу	средства	средние
155	табл 7 4, графа 1, 12 снизу	Европейская	Еврейская
213	21 снизу	$+(0{,}02-k_1k_2)-$ $-k_п)\,d_п)$,	$+(0{,}02-k_1-k_2-$ $-k_п)\,d_п)$,
238	2 снизу	со стержнем	со стрежнем
	3 снизу	соединяющей поверхностные скорости.	соединяющей наибольшие поверхностные скорости
242	8 снизу	$(X_0=S_0)$,	$(X_0-S_{ов})$,
248	ф. (11 3)	$\left(\frac{q}{\sqrt{g}d^{0,25}} \right)$	$\left(\frac{q}{\sqrt{g}d^{0,25}} \right)^{0,8}$
253	2 сверху	Ширину $_{пг}$ определяют по формуле (11 7)	Ширину $B_{пг}$ определяют по формуле (11 8)
281	4 снизу	$0{,}675+4{,}5$	$0{,}675+\frac{4{,}5}{k_z v_{zl}}$
312	17 сверху	при $i_{м(м)}<0{,}0001-$ $-i=i_{м(м)}$	при $i_{м(м)} \leqslant 0{,}0001 i=$ $i_{м(м)}$

Стр	Строка	Напечатано	Следует читать
321	табл. 14.3, 2—3 графы	$<(3\div5)i\quad(l_к-L_р)$; $<(2\div4)il_к+\Delta h$,	выражение $<(3\div5)i\ (l_к-L_р)$,—относится к графе «выше»; выражение $<(2\div4)il_к+\Delta h$,—к графе «ниже»
325	ф. (14.39)	$\sqrt{1}+m_0^2$	$\sqrt{1+m_0^2}$
356	7 сверху, 8 графа	2,48	3,48
357	5 снизу, 11 графа	0,33	0,03
374	5 снизу	$H_{др}\,\frac{\omega_{дм}}{L_м}\,\frac{1140,5}{195}=$	$H_{др}=\frac{\omega_{дм}}{L_м}=\frac{1140,5}{195}$
	1 снизу	$q_м\,\frac{Q}{L_м}=$	$q_м=\frac{Q}{L_м}=$
377	табл. 1, графа 7	$h_{пр}\,h_{др}($	$h_{пр}=h_{др}($
	2 снизу	$5,48^{6/7}+4,32$ м,	$5,48^{6/7}=4,32$ м,
379	1 сверху	$(170\cdot10^3)^{6/25}$	$(170\cdot10^3))^{6/25}$
383	6 снизу	$\left(\frac{Q_м}{Q_{гр}}\right)$	$\left(\frac{Q_м}{Q_{гр}}\right)^{0,77}$
402	8 снизу	$\frac{}{\sqrt{2^2-1,25^2}}$	$\frac{2}{\sqrt{2^2-1,25^2}}$

Зак. 5606. Тир. 2500. Пособие к СНиП 2.05.03—84 «Мосты и трубы».