

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

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ «ТРАНССТРОЙ»
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА (ЦНИИС)

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

Приведены требования нормативных документов и технология проведения гидрологических, геодезических и инженерно геологических изысканий мостовых переходов. Даны рекомендации по определению расчетных расходов и уровней воды, рассмотрены методы гидравлических расчетов плановых и высотных размеров сооружений мостовых переходов их совместной работы и защиты от воздействий потока, ветровых волн и ледовых явлений.

Пособие предназначено для инженерно-технических работников, выполняющих проектно изыскательские работы по мостовым переходам.

Пособие одобрено Главным управлением проектирования и капитального строительства (ГУПиКС) Минтрансстроя СССР.

Редакторы СМИРНОВА Г. П. и ЦЫПИН В. Ш.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Пособии, составленном в развитие СНиП 2 05 03—84 «Мосты и трубы», излагаются методы и практические приемы, используемые при изысканиях и проектировании железнодорожных и автодорожных мостовых переходов. Указаны объемы и технология проведения гидрологических, геодезических и инженерно-геологических изысканий с использованием современных приборов, инструментов и оборудования, даны обоснованные методы гидравлических расчетов при проектировании переходов.

Рекомендации, приведенные в Пособии, учитывают требования новых нормативных и методических документов, обобщают многолетний опыт, накопленный в нашей стране и за рубежом по изысканиям и проектированию мостовых переходов, а также опыт применения в проектно-изыскательских институтах Минтрансстроя и других ведомств «Наставления по изысканиям и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (НИМП-72)», предшествующего Пособию.

Пособие разработано в НИИ транспортного строительства (ЦНИИС) в сотрудничестве с Мосгипротрансом, Союздорпроектом и Томгипротрансом при участии большого коллектива специалистов из многих проектно-изыскательских и учебных институтов.

Пособие написано авторским коллективом в составе:

От ЦНИИСа М. А. БАРАНОВ и В. К. ТАВЛИНОВ—п. 17, совместно с Мосгипротрансом пп. 15, 16 и 18, Л. Г. БЕГАМ—пп. 144 и 146, В. В. БЕЛИКОВ—совместно пп. 61—63, Ю. Д. ДУБНОВ и В. А. РЯПОЛОВА—совместно с Мосгипротрансом и Союздорпроектом гл. 5, В. Ф. ЗАЛЕССКИЙ—совместно п. 78, А. Н. МИЛИТЕЕВ—совместно пп. 63 и 106, В. С. МУРОМОВ—п. 81, К. М. ОРЛОВА—прил. 123, Ю. С. СМИРНОВ—пп. 21—24, 27—28, 210—212, В. Ш. ЦЫПИН—пп. 64, 101—105, 111—112, 121, 124, 142—143, 152, совместно пп. 35, 61—62, 71, 106, 113, 131, 141, 145, Л. Н. ЮДИН—п. 123, прил. 121.

От Мосгипротранса—Н. С. КАЛЯВИНА, В. Г. КОНДРАТЬЕВ, П. В. ЛЕОНОВ—совместно с ЦНИИСом и Союздорпроектом гл. 5, А. М. ЛЕВУШЕВ—совместно пп. 15, 16 и 18, Л. Л. ЛИШТВАН—пп. 31 и 43, совместно пп. 11—12, 35, 42, 45, 83, гл. 9, п. 113, прил. 82, Н. И. МАСЛОВ—совместно пп. 42, 45, В. К. ПАНФИЛОВ—совместно пп. 12, 15, 16, 18, 83, прил. 82, Ю. С. САХАРОВ—совместно п. 12.

От Союздорпроекта—С. М. БЛИКШТЕЙН—прил. 122, Б. Ф. ПЕРЕВОЗНИКОВ—пп. 41, 72—76, 82, прил. 71—75, совместно пп. 71, 79 и 117, В. А. СЕЛИВЕРСТОВ—совместно п. 79, А. Н. ШИРЯЕВ—пп. 13—14, совместно пп. 11 и 131, В. Е. ФИЛЛИПОВ—совместно с ЦНИИСом и Мосгипротрансом гл. 5.

От Томгипротранса—Б. А. КОСТЕЛЯНЕЦ—пп. 133, 151, прил. 35, совместно пп. 79 и 711.

От Гипротрансмоста—Ю. В. АБРАМОВ и Л. Е. БУРЦЕВА—пп. 32—34, 122, совместно пп. 78 и 141.

От Ленгипротрансмоста—В. П. СОЛОВЬЕВ и Г. М. СПАССКОВ—совместно с ЦНИИСом п. 145.

От Ленгипротранса—В. Е. СПИЦА—п. 77.

От Киевского филиала Союздорпроекта—В. И. БУТУСОВ—совместно п. 26.

От Тбилгипроавтодортранса—А. А АЛЕКСАНДРОВ, Л. В ГИГУАШВИЛИ,
Н. А СЛОВИНСКИЙ и от ЗакНИИГоскомгидромета—пп. 4.4, 7.10, 114 и
прил. 76

От Ленгипроречтранса—Н Р ГРАЧЕВ—п. 15.3.

От Ленинградского филиала Союздорнии—Т. Е. ПОЛТОРАНОВА—п. 132.

От НПО Росдорнии—Н Н ПЕТРОВ—совместно п 117

От МИИТа Г В ЖЕЛЕЗНЯКОВ, Ю Л ПЕЙЧ и Ю В ПИСАРЕВ—п 2.5
и совместно п 26

От МГМИ Д. В КОЗЛОВ—п 84 и совместно п. 7.11.

От Воронежского ИСИ—В. А ДЕМЕНТЬЕВ—пп 29 и 115

От Красноярского ИСИ—Н Я БОГДАНОВ, В Н ДОМОГАСHEВ и
и В. Е. СЕРГУТИН—п. 116

От Одесского ГУ—Ю Н СОКОЛОВ—совместно п 3.5.

Редактирование Пособия выполнено **Л Л ЛИШТВАНОМ** и В Ш. ЦЫ-
ПИНЫМ.

Пособие рецензировали канд техн наук Ф. В. ЗАЛЕССКИЙ (НПО Строй-
изыскания Госстроя РСФСР), доктора техн наук Г В ЖЕЛЕЗНЯКОВ и
Ю В. ПИСАРЕВ (кафедра гидравлики, водоснабжения и канализации МИИТа)
и специалисты Мосгипротранса, Союздорпроекта, Ленгипротрансмоста, Ленгипро-
транса, Сибгипротранса, Томгипротранса и Киевского филиала Союздорпроекта.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Пособие составлено в дополнение и развитие СНиП 2.05.03—84 «Мосты и трубы», а также других нормативных документов и предназначено для использования при изысканиях и проектировании мостовых переходов постоянного типа через водотоки, перекрываемые средними и большими мостами на новых железных и автомобильных дорогах, вторых путях и при реконструкции существующих мостовых переходов.

Согласно СНиП 2.05.03—84 к средним относятся мосты длиной свыше 25 до 100 м; мосты длиной свыше 100 м, а также автодорожные (в том числе городские) длиной менее 100 м, но пролетами свыше 60 м относятся к большим. За длину моста принимают расстояние между концами береговых опор (закладных щитов).

При гидравлическом расчете мостов их определяющим параметром является не длина, а отверстие L_m — ширина подмостового сечения между подошвами конусов.

2. Пособие предусматривает работы, необходимые для всех стадий проектирования мостовых переходов. Перечень и объем их в каждом случае определяют в зависимости от изученности реки и сложности перехода.

В Пособии приведены методы расчетов и способы выполнения работ, предусмотренные нормативными и другими официальными документами, методическими указаниями, рекомендованными ГУПиКСом, а также оправдавшиеся в практике изысканий и проектирования.

Методы расчета и способы производства работ, приведенные в Пособии, не исключают использования и других методов, которые проектные институты признают целесообразным применить в данных условиях для решения отдельных задач при соответствующем обосновании правомерности их применения. Результаты таких расчетов сопоставляют с результатами расчетов по Пособию.

3. Мостовой переход через водоток, включающий мост, подходы и регулирующие сооружения, должен обеспечивать безопасный пропуск высоких вод, ледохода и плывущих предметов (карчей и т. п.), при расчетных гидрологических условиях в течение срока службы перехода.

В соответствующих случаях мостовой переход должен удовлетворять требованиям судоходства и лесосплава, а также обеспечивать беспрепятственное движение сухопутного транспорта под мостом в его эстакадной части или в береговых пролетах, если это необходимо по местным условиям.

Мостовой переход следует располагать так, чтобы вызванное его сооружением изменение гидрологических условий не нарушало хозяйственных интересов местного населения, промышленных и других предприятий и организаций а также равновесия окружающей среды.

4. Выбор трассы перехода зависит от общего направления дороги и местных условий, определяющих тип и размеры элементов мостового перехода, и в проекте обосновывается технико-экономическими расчетами, базирующимися на материалах изысканий.

В результате изысканий должны быть получены данные о топографии, инженерно-геологических условиях района перехода, гидрологическом режиме и русловом процессе пересеканого водотока, а также собраны сведения о наличии строительных материалов и другие данные, необходимые для составления проекта организации строительных работ и сметы.

5. В общем случае проектирование мостового перехода выполняют в три стадии:

1) технико-экономическое обоснование (ТЭО) или технико-экономический расчет (ТЭР); 2) проект (П); 3) рабочая документация (РД).

На стадии ТЭО (ТЭР) выполняют комплекс инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических изысканий в объеме, достаточном для выявления принципиальных проектных и технических решений, стоимости объекта и, соответственно, обоснования необходимости строительства.

Изыскания на стадии проекта выполняют обычно в случаях, когда в процессе проектирования выявляются дополнительные обстоятельства, вызывающие необходимость уточнения положения створа перехода.

Перед разработкой рабочей документации выполняют изыскательские работы в развитие результатов рассмотрения и утверждения проекта и необходимые для составления рабочих чертежей мостового перехода.

Трехстадийность проектирования диктуется сложными ситуационными, климатическими, гидроморфологическими, антропогенными и прочими условиями, а также пересечением рек с шириной русел 100—200 м и более.

В случае несложных проектных решений проектирование мостового перехода осуществляется в две стадии: ТЭО (ТЭР) и рабочий проект.

6. По аналогии с практикой проектирования крупных гидротехнических сооружений для сложных мостовых переходов, требующих трехстадийное проектирование, рекомендуется до составления рабочей документации проектирование сопровождать научно-исследовательскими проработками технических решений. Такое сопровождение обычно является экономически оправданным, т. е. позволяющим снизить стоимость строительства на сумму, значительно превышающую затраты на исследования.

7. При выполнении проектно-изыскательских работ, помимо рекомендаций Пособия, должны соблюдаться общеобязательные инструкции и указания по технике безопасности, геодезическому надзору, а также правила использования материалов Госкомгидромета и Союзгеофонда СССР.

А. Подготовительные работы

1.1. Выбор места мостового перехода

1. Трассу мостовых переходов через малые и средние переходы назначают согласно обоснованному в ТЭО или ТЭР направлению проектируемой дороги с учетом гидрологических, топографических, инженерно-геологических условий, судоходства и сплава. Местоположение больших переходов, как правило, определяет не направление проектируемой дороги, а комплекс условий перехода через водную преграду.

В сложных случаях по планам и картам намечают створы возможных вариантов перехода и отбирают наиболее конкурентоспособные для последующего обследования. Оптимальное положение мостового перехода должно быть установлено в результате сравнения всех вариантов по их технико-экономическим показателям. Сравнение вариантов производят на участках, включающих общие точки ответвления и примыкания к трассе дороги (рис. 1.1).

2. Трассу мостового перехода через несудоходные реки следует назначать с учетом следующих требований:

а) участок русла реки в месте перехода должен быть по возможности прямолинейным или представлять собой плавную излучину; на участке перехода направления течений в русле и на пойме должны быть параллельными и мало изменяться с изменением уровня воды;

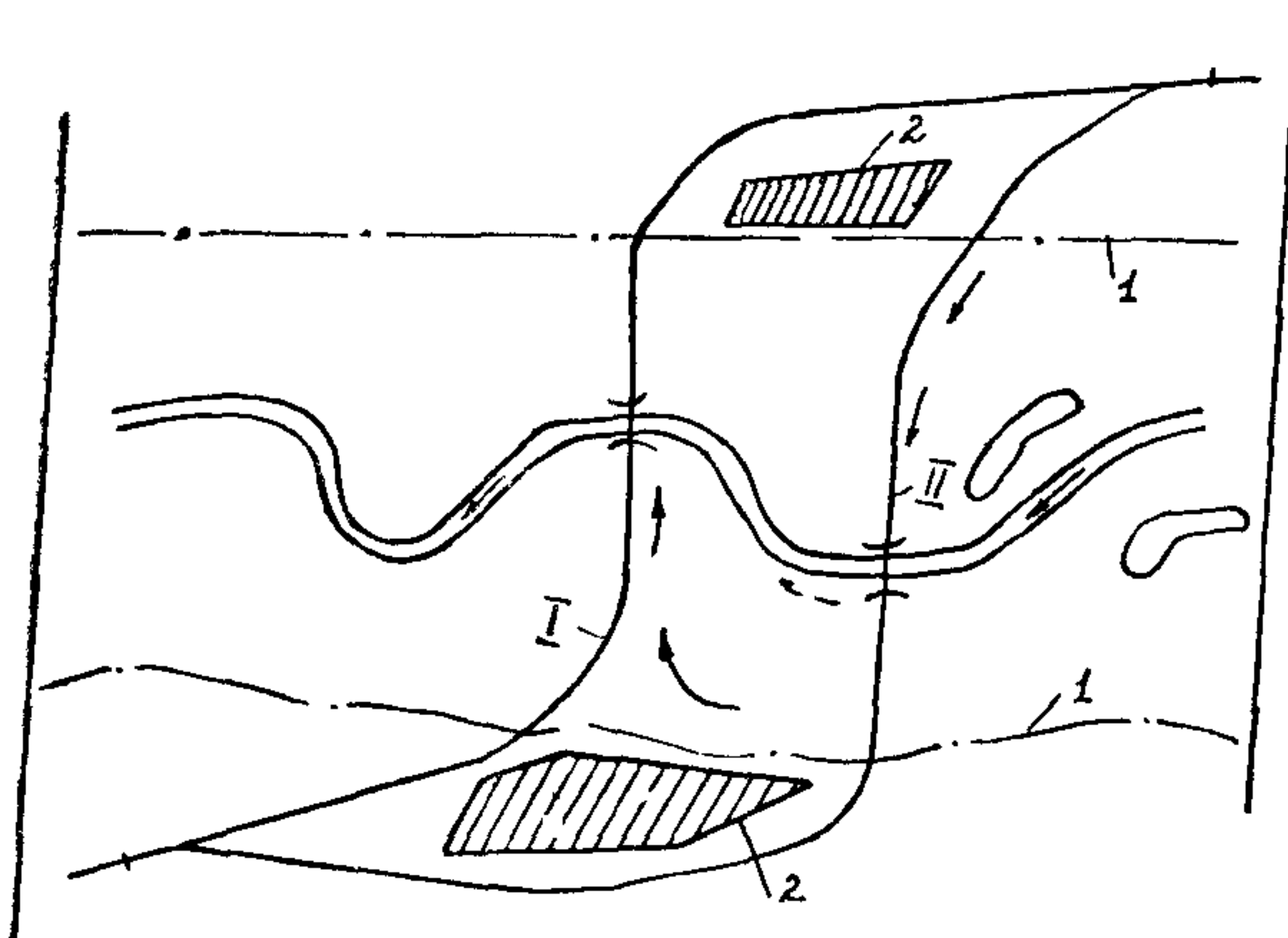


Рис. 1.1. Варианты мостового перехода:
1—граница разлива высоких вод; 2—населенные пункты

б) мостовой переход следует располагать нормально к направлению пойменного и руслового потоков при расчетном расходе воды; если направление пойменного и руслового потока не параллельны, переход следует располагать нормально к среднему направлению более мощного из потоков;

в) переход необходимо располагать на участке рек с наиболее узкими поймами, расположенными на высоких отметках, незаболоченными, без озер, протоков и староречий;

г) не следует располагать переход на перекатном участке реки, в местах образования заторов, зажоров льда, наледей или заломов леса при молевом сплаве, а также в местах, где река имеет рукава и острова;

д) во избежание отложения наносов под мостом не рекомендуется располагать переход непосредственно ниже устья притока;

е) расположение перехода вблизи гидротехнических сооружений, крупных водозаборных сооружений, трубопроводов и т. п. приводит обычно к удорожанию перехода.

3. По инженерно-геологическим условиям следует отдавать предпочтение варианту перехода, где коренные породы располагаются на более высоких отметках. Не рекомендуется располагать сооружения мостового перехода на участках рек, имеющих карстовые явления или сложенных гипсом и другими выщелачивающимися породами. Следует избегать расположения подходов к мосту на берегах, подверженных оползням или имеющих «мокрые» косогоры, на заболоченных поймах, пересечениях пойменных озер, протоков и староречий.

4. Мостовой переход через судоходные и сплавные реки располагают с учетом требований ГОСТ 26775—85 /6/:

а) мост надо располагать нормально к направлению судовых и плотовых ходов при расчетном судоходном, среднем и низком уровнях воды;

б) оси судовых ходов при средних и низких уровнях воды должны быть параллельны берегам русла на протяжении тройной длины буксируемого каравана с верховой стороны от оси моста и на протяжении полуторной длины каравана с низовой;

в) отклонение оси моста от нормали к направлению течения без увеличения ширины габарита судоходных пролетов допускается при условии увеличения ширины подмостового габарита и устройства соответствующих регулиционных сооружений;

г) не следует располагать мост на участке русла, имеющем перевал судового хода от одного берега к другому;

д) расположение моста в пределах речного порта не должно ухудшать условий рейдовых операций.

5. Трасса мостового перехода на ширине разлива должна по возможности приближаться к прямой линии. Элементы плана продольного и поперечного профиля перехода должны соответствовать требованиям СНиП для железных [81] и автомобильных дорог [76], мостов и труб [75].

Искривление трассы в пределах пойм должно быть обосновано. На активно работающих поймах при углах поворота вниз по течению образуются водные «мешки», существенно ухудшающие экологические условия в районе перехода (см. рис. 1.1, вариант 1).

При углах поворота вверх по течению неблагоприятных явлений не возникает, однако в этом случае вдоль верховой стороны насыпи возможны повышенные скорости потока, что вызывает необходимость защиты ее от подмыва (см. рис. 1.1, вариант 2).

6. При пересечении пойм следует избегать пересечения озер, болот, староречий и активных протоков.

7. В извилистых узких долинах, когда трасса пересекает многократно русло реки, целесообразно рассмотреть варианты спрямления и отвода русла от запроектированной трассы [15].

Косое пересечение реки, а также расположение моста на кривой должны быть обоснованы сравнением вариантов.

8. При трассировании переходов через конус выноса возможны три варианта (рис. 1.2):

а) в вершине конуса—в этом случае размеры отверстий мостов и регуляционных сооружений будут наименьшими по сравнению с другими вариантами, но при этом происходит лишний набор высоты (см. рис. 1.2, вариант I);

б) в средней части конуса—в этом случае стоимость моста и регуляционных сооружений оказывается наибольшей, а сама трасса, как правило, наименьшей по длине (см. рис. 1.2, вариант II);

в) в нижней части конуса или обход его—в этом случае значительно удлиняется трасса перехода, теряется высота, однако на автомобильных дорогах низших категорий появляется возможность устройства брода-лотка вместо мостов.

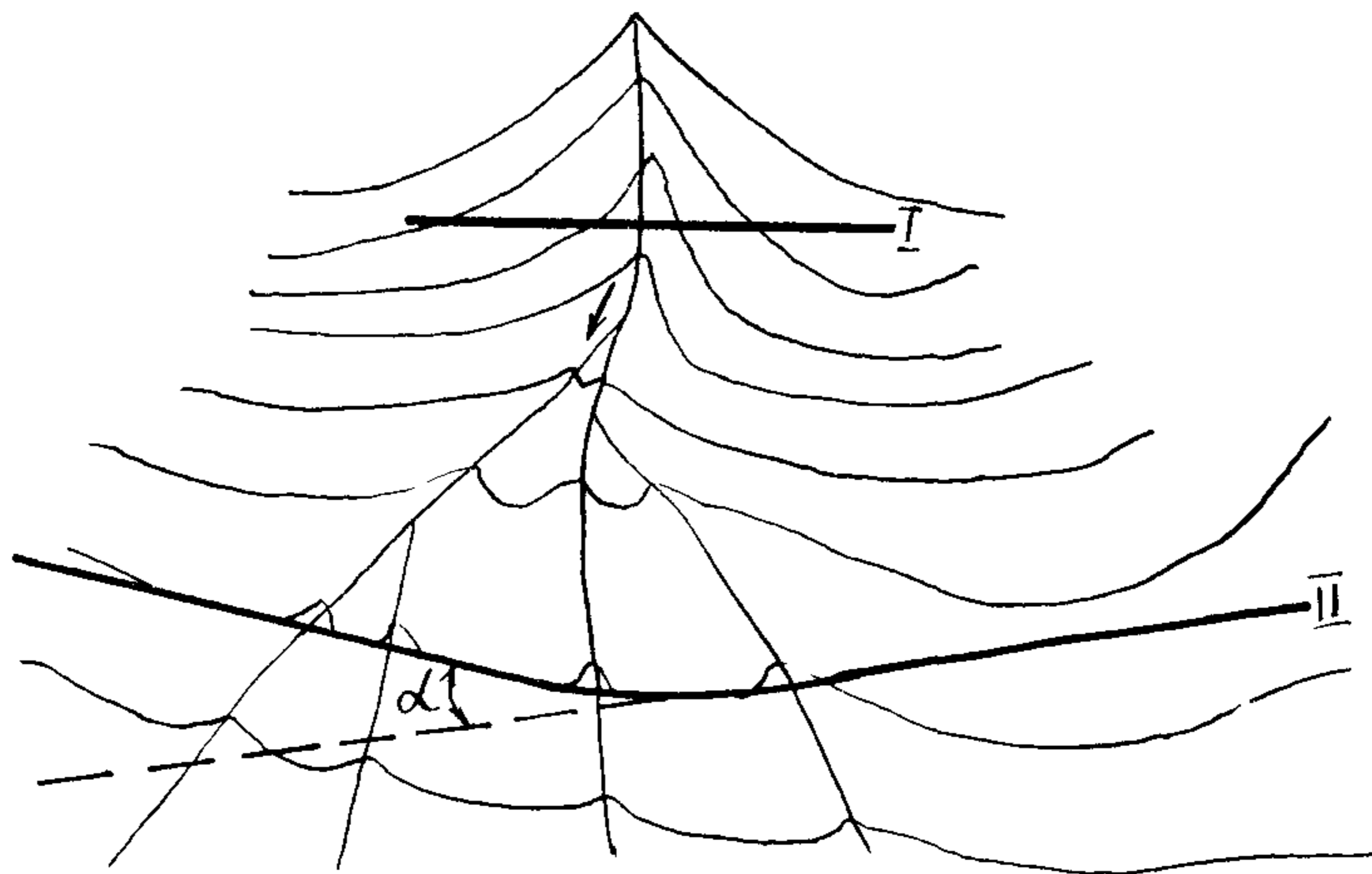


Рис. 12 Расположение трассы на конусе выноса

трассировать вне пределов прогнозируемой линии переработки берега от волнобоя.

10. При трассировании мостового перехода вблизи существующего моста необходимо учитывать, что деформации русла, вызываемые одним переходом, могут быть опасны для другого. При близком расположении переходов возможно устройство регулиционных сооружений для их совместной работы.

11. Створы мостовых переходов желательно располагать из условия обеспечения безопасности мостов выше от подводных трубопроводов, но во всех случаях на расстоянии, не менее рекомендуемых в табл. 1.1 [77]. При этом следует учитывать, что указанные расстояния могут не обеспечивать безопасность трубопроводов из-за размывов под мостами.

12. В суровых климатических условиях при выборе мест мостовых переходов необходимо учитывать возможность образования на водотоках наледей и их вредные воздействия на мостовые сооружения, а также мерзлотно-грунтовые условия и возможные геокриологические изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

При выборе мест переходов через водотоки следует избегать участков, где возможно образование больших наледей (устьевые участки рек и притоков, особенно места слияния водотоков; перекаты со скальными выступами; места с островами и староречиями; широкие заболоченные поймы; места с выходами родников подземных вод). Для мостовых переходов в наледных районах надо выбирать узкие и глубокие русла.

В зоне тундры следует учитывать снегозаносимость логов и ручьев, опорожнение верховых озер и оврагообразование.

1.2. Составление ситуационно-гидрологической схемы мостового перехода по имеющимся материалам

1. Перед производством полевых работ на основании имеющихся картографических, топографических и аэросъемочных материалов составляют ситуационно-гидрологическую масштабную схему мостового перехода.

Схема служит обоснованием выбора оси мостового перехода, расположения регулиционных сооружений, гидрометрических и морфометрических створов, строительных площадок, а также является топографической основой для инженерно-геологической съемки.

2. Ситуационно-гидрологическая схема (рис. 1.3) должна включать участок русла и пойм по ширине долины до отметок на 1—2 м выше максимального уровня воды, за исключением рек, текущих в конусах выноса, и по длине не менее полуторной ширины разлива при УВВ вверх по течению от верхнего варианта перехода, и не менее одной ширины разлива вниз от нижнего варианта перехода, за исключением устьевых участков равнинных рек, для которых размеры схем устанавливаются индивидуально.

При пересечении конусов выноса размер схемы определяется намечаемой схемой регулирования потока.

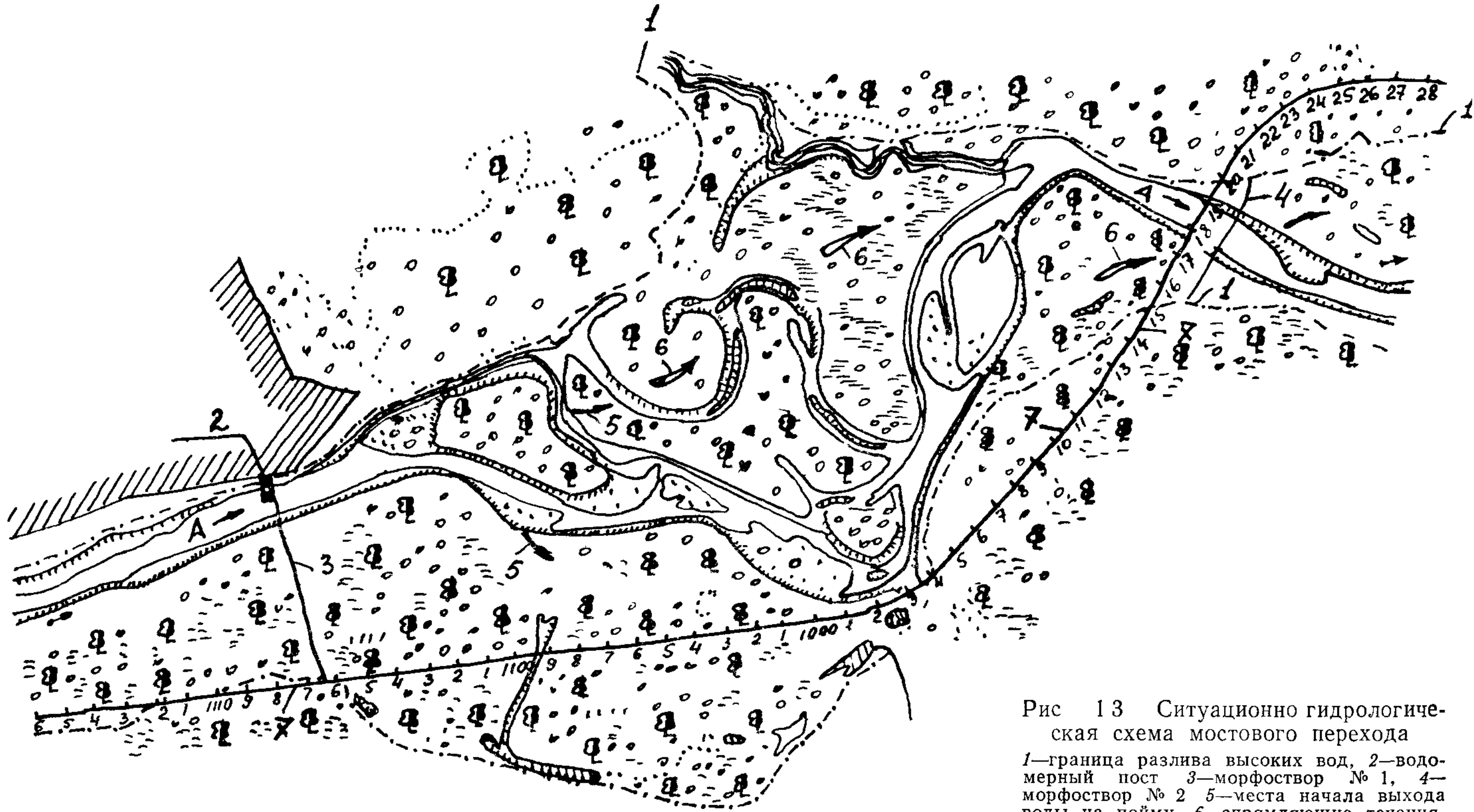


Рис 13 Ситуационно гидрологическая схема мостового перехода

1—граница разлива высоких вод, 2—водомерный пост 3—морфоствор № 1, 4—морфоствор № 2 5—места начала выхода воды на пойму, 6—спрямляющие течения, 7—трасса проектируемого перехода

В случаях примыкания мостового перехода к промышленным центрам, железнодорожным узлам и портам размер схемы может быть увеличен. Масштаб составления ситуационно-гидрологической схемы зависит от величины водотока и изменяется в пределах от 1:5000 до 1:25000.

3. В процессе полевых работ в ситуационно-гидрологическую схему вносят коррективы. В частности, уточняют положение размываемых берегов русла, побочней, кос, осередков, островов, действующих протоков и границы растительности на поймах, производят промеры наибольших глубин у вогнутых берегов русла и на перекатах, устанавливают следы прохода высокой воды, следы выхода льда на поймы, места образования заторов льда, заломов сплавляемой древесины, скопления карчей.

Установленные признаки прохода высоких вод привязывают в плане и наносят на схему. Кроме этого, на схеме показывают дороги, мосты, каналы, плотины и т. п., отсутствующие на исходном картографическом материале и влияющие на режим реки на участке перехода. Их технические характеристики (высоты насыпей, отверстия мостов, глубины и ширины каналов, отметки бьефов плотин и данные об их водосливах и т. п.) приводятся в экспликации.

4. Для составления ситуационно-гидрологических схем может с успехом применяться аэрофотосъемка, в особенности для случаев съемки крупных массивов, когда сравнивается большое число вариантов трассы перехода, а также при изысканиях переходов через крупные реки и в таежной местности с труднопроходимой поймой и сложным очертанием русла.

Для предварительных соображений в поле материалы аэрофотосъемки можно использовать до окончательной обработки в виде масштабной фотосхемы. На таких схемах обычно хорошо видны все морфологические особенности русла и поймы реки, на основании которых можно установить места возможных вариантов перехода, расположения створов и других пунктов наблюдения.

1.3. Источники и методы получения исходной информации о районе мостового перехода

До начала полевых работ должны быть предварительно собраны материалы, содержащие сведения о режиме пересекаемой реки и районе перехода.

1. Картографические и топографо-геодезические. Картографический материал (М 1:10000—1:1000000) приобретают в организациях-держателях этих материалов. Ранее выполненные съемки получают в территориальных проектных организациях, у областных и районных архитекторов, через территориальные институты Гипрозема, районных землеустроителей, отделах капитального строительства промышленных предприятий, заказчика проекта, в других проектно-изыскательских и эксплуатационных организациях. При получении этих материалов необходимо выписать отметки марок и реперов, их местонахождение, а также координаты пунктов триангуляции и полигонометрии.

2. Гидрологические. Для получения этих материалов могут быть использованы издания главного управления гидрометеослужбы при Совете Министров СССР и Государственного гидрологического института /ГГИ/:

Сведения об уровнях воды на внутренних водных путях СССР;

Сведения об уровнях воды на реках и озерах СССР;

Материалы по режиму рек СССР;

Гидрологические ежегодники;

Ресурсы поверхностных вод СССР, материалы водного кадастра СССР,

Материалы по максимальному стоку талых вод рек СССР;

Каталог по максимальному дождевому стоку рек СССР;

Атлас вскрытия и замерзания рек Европейской части СССР;

Каталог отметок наивысших уровней воды рек и озер СССР;

Труды ГГИ, освещающие гидрологию отдельных районов.

Кроме официальных изданий, данные о материалах ранее выполненных изысканий, проектов, научных работ можно получить в:

Гипрречтранс Министерства речного флота РСФСР;

Гидрпроекте Министерства энергетики и электрификации СССР и его филиалах;

Гипрпроводхозе (концерн Водстрой) и его отделениях;

институтах разных министерств и ведомств, занимающихся проектированием железных, автомобильных дорог, трубопроводов, наземных и подземных коммуникаций и т. д;

бюро расчетов и справок.

3. Метеорологические. Эти данные собирают на ближайших к мостовому переходу метеостанциях. Должны быть собраны сведения, характеризующие климат района: осадки; температурный режим воздуха; максимальные скорости и направления ветров за все годы наблюдений по месяцам; толщина снежного покрова и льда.

Материалы этих наблюдений публикуют в справочниках по Климату СССР, метеорологических ежемесячниках и ежегодниках и в СНиПе по строительной климатологии и геофизике [70].

4. Геологические. Эти данные должны содержать сведения: о грунтах русла реки и поймы, об уровнях и режиме подземных вод и анализе воды; об оползнях и мокрых косогорах, карстовых явлениях; о наличии в районе перехода местных дорожно-строительных материалов; о сейсмичности района.

Материалы, содержащие сведения по геологии, в основном сосредоточены в Геолфонде, архивах республиканских и местных геологических управлений и трестах инженерно-строительных изысканий, а также в организациях, выполняющих инженерно-геологические исследования.

5. Сведения о ближайших железнодорожных, автодорожных и городских мостах. Эти сведения могут быть получены в проектных институтах, проектировавших мостовые переходы, в службах пути управлений железных дорог, в дистанциях пути, в управлениях автомобильных дорог. В этих организациях необходимо получить

картографический материал с нанесенными вариантами переходов; пояснительные записки с гидрологическими расчетами; схемы мостов с геологическими разрезами; характеристику работы мостового перехода по пропуску паводков, отметкам УВВ за время работы перехода с указанием дат пиков паводков (половодий), случаи размывов, разрушений и повреждений на переходе, сведения о работе регуляционных сооружений и состояния укрепления пойменных откосов и дамб; профили живого сечения по промерам под мостом за разные годы.

6. Сведения о ближайших существующих и проектируемых ГЭС, плотинах и других гидротехнических сооружениях.

При расположении мостового перехода в зоне водохранилища или нижнем бьефе плотины необходимо получить в организациях, эксплуатирующих водохранилища, материалы, которые характеризуют бытовой режим реки до и после постройки ГЭС:

местоположение створа плотины на плане и продольном профиле реки;

класс плотины;

отметки нормального /НПУ/ и форсированного /ФПУ/ подпорных уровней;

уровня наибольшей сработки водохранилища—мертвого объема (УМО);

кривые подпора и сбросные расходы воды при паводках различных вероятностей превышения;

данные о годовом режиме водохранилища;

данные о ветровом режиме водохранилища.

7. Сведения о судоходстве и сплаве на реке. Источники получения материалов: местные бассейновые управления пути Министерства речного флота; сплавные организаций. В этих организациях получают следующие сведения: класс реки; габариты судов, буксируемых плотов и перспективы увеличения их габаритов; лоцманские карты или атласы судоходных рек; условия судоходства в районе перехода; допускаемые скорости течения для сплавного судоходства.

8. Сведения экономического характера. Источники получения этих материалов: плановые и финансовые органы при Советах Министров АССР, облисполкомах и райисполкомах; местные строительные, промышленные и транспортные предприятия, которые могут быть использованы при строительстве перехода.

В этих организациях получают сведения:

об объемах и направлениях перевозок грузов и пассажиров автомобильными и другими видами транспорта;

о размещении, производственных связях и перспективах развития народного хозяйства в районе изысканий;

о работе автотранспортных предприятий, транспортно-эксплуатационных показателях работы автомобильного транспорта и данные по учету движения автомобилей, проводимому дорожно-эксплуатационной службой;

об эксплуатационно-стоимостных показателях работы существ-

вующего мостового перехода, паромной переправы, низководного моста и т. п.;

о простоях, задержках, перерывах движения и косвенных потерях народного хозяйства;

о наличии в районе перехода электроэнергии в количестве, потребном для нужд строительства мостового перехода, рабочей силы и жилья.

1.4. Определение объема, методов выполнения и программы инженерно-гидрологических работ

1. После получения утвержденного заказчиком задания на разработку титульного мостового перехода или железной (автомобильной) дороги, в составе которых находятся мостовые переходы, приступают к составлению программы работ, выявляют перечень и объем работ, устанавливают метод и сроки их выполнения.

Инженерные гидрологические изыскания производят в соответствии с действующим законодательством, требованиями СНиПов, других нормативных документов, утвержденных в установленном порядке и содержащих дополнительные или специальные требования к изысканиям.

При составлении программы изыскательских работ нужно ориентироваться на выполнение их современными методами и инструментами. Большие площади необходимо снимать аэрофотограмметрическими методами. Непрístupные расстояния и базисы опорных сетей определять прецизионными методами, русловые съемки производить с помощью эхолотов, а измерение скоростей течений и расходов воды на крупных реках методами аэрогидрометрии.

Изыскания мостовых переходов условно можно подразделить на три этапа: подготовительный, полевой и камеральный.

2. В подготовительный период производится сбор и обобщение данных о районе мостового перехода и материалов изысканий прошлых лет; составляется программа изысканий и смета; оформляются материалы для получения разрешения на производство инженерно-геодезических, инженерно-гидрологических, аэрофото-съемочных и инженерно-геологических работ; производится регистрация этих работ. Получают (с помощью заказчика) лесорубочный билет. Одновременно утверждается у заказчика смета. Совместно с представителем заказчика необходимо участие в комиссии по предварительному отводу земли под сооружения мостового перехода. Открывается в банке финансирование, укомплектовывается штат экспедиции, партии (отряда).

Для правильной организации изыскательских работ должно быть составлено общее представление о режиме реки, климатических условиях района изысканий на основе изучения и обработки предварительно собранных данных.

При наличии полных и надежных данных, собранных в подготовительный период, можно сократить объем работ, не допуская повторений и ограничиваясь привязкой этих данных к створу мостового перехода с обязательной проверкой соответствия их нату-

ре. Имея, например, детальный план перехода, необходимо предусмотреть контрольные промеры русла в пределах этого плана, а также проверить плановое положение берегов, островов, рукавов и т. п. с тем, чтобы определить за это время деформации реки в плане и профиле.

3. В подготовительный период необходимо также выявить возможные особенности проектирования мостового перехода и при необходимости учесть в смете научное обоснование проектных решений.

Научно-исследовательское сопровождение проектирования желательнее для всех мостовых переходов через реки с шириной русел более 200 м, а также в случаях, связанных со сложностью проектирования из-за ситуационных и антропогенных (групповые отверстия, застройка поймы и т. п.), климатических (доминируют ледовые явления, мерзлые грунты и пр.), гидроморфологических (пересечение рек с интенсивным русловым процессом типа русловой многорукавности или на криволинейном участке русла), гидрологических (например, в зоне подпора от реки или водохранилища) и других условий.

В перечисленных случаях научно-техническая помощь на стадии составления проекта обычно является экономически оправданной* и позволяет более обоснованно принимать (и защищать) технические решения.

4. Объем и характер полевых работ зависят от сложности и степени изученности, природных условий района изысканий, а также от стадии проектно-изыскательских работ и сроков разработки проекта.

Инженерно-гидрологические изыскания на стадии технико-экономического обоснования или технико-экономических разработок имеют целью получение минимально необходимых данных по гидрологии района, оценки намеченных вариантов трассы, выбора основного направления и получения генеральных размеров проектируемого мостового перехода.

В полевой период на этой стадии выполняют, как правило, следующие виды работ:

промеры глубин по выбранному створу;

составление актов УВВ прошедших паводков путем опроса старожилов или по следам на местности;

определение продольного уклона реки в районе оси мостового перехода;

разбивка и нивелирование морфоствова там, где он необходим.

5. Инженерно-гидрологические работы для составления Проекта по схеме: ТЭО (ТЭР)—Проект—Рабочая документация и для составления Рабочего проекта по схеме ТЭО—Рабочий проект заключаются в детальном изучении гидрологических условий района мостового перехода в объеме, достаточном для проектирования

* Под экономически оправданными понимаются исследования, результаты которых позволяют снизить стоимость объекта на сумму, в пять-шесть раз превышающую затраты на исследования.

моста, земляного полотна на подходах, регуляционных сооружений и организации строительства.

Имеющиеся гидрологические материалы обычно относятся к створам, которые не совпадают с осью мостового перехода. В этих случаях программами предусматривают устройство в период изысканий водомерных постов и организацию наблюдений на них, совпадающих по времени с наблюдениями на ближайших опорных водомерных постах. Иногда необходимо проверить данные наблюдений на месте и провести контрольные промеры в случае, если на водомерных постах расход воды определяют без учета поймы или других частей живого сечения водного потока.

Независимо от наличия топографического материала предусматривают съемку мест пересечения или сближения трассы мостового перехода с инженерными сооружениями и объектами. Следует также предусмотреть съемку всех изменений ситуации

При изысканиях мостовых переходов производятся, как правило, морфометрические работы, при которых должны быть определены: количественные соотношения между морфометрическими и гидравлическими характеристиками русла и пойм, уровни воды по опросам старожилов, меткам и следам прошедших наиболее высоких исторических паводков. Ограничиться морфометрическими работами можно в случаях, когда:

а) вблизи проектируемого перехода имеются водомерные посты, материалы наблюдений, которых обеспечивают надежное определение расчетных гидрологических параметров;

б) изыскания носят срочный характер и время их производства не совпадает с паводочным периодом;

в) трасса дороги пересекает несколько водотоков, расположенных в одном гидрологически однородном районе.

Гидрометрические работы следует выполнять в особо сложных условиях, при пересечении крупных водотоков, а также при необходимости дополнения морфометрических работ. При гидрометрических работах определяют расходы воды, скорости течения, уклоны водной поверхности в период прохода паводка, траектории движения судов, караванов судов, барж, отдельно плывущих предметов, поплавков. Эти работы наиболее ценны, если охватывают период высокого (выше уровня выхода воды на пойму) половодья или паводка.

В остальных случаях целесообразно применение смешанных (гидроморфологических) изысканий, выполняемых в весенне-летний период

В программе работ необходимо предусмотреть устройство вышек для засечек траектории движения судов, караванов судов, барж и т. п., лодочных переправ, аренду катеров, моторных и весельных лодок, понтонов и барж.

6. Инженерно-гидрологические работы для составления рабочей документации предназначаются для уточнения и детализации исходных данных, полученных при изысканиях для проекта и кор-

ректировки результатов гидрологических и гидравлических расчетов, выполненных на этих стадиях проектирования.

Если местоположение оси мостового перехода и гидрологические условия не изменились по сравнению с предыдущей стадией, изыскательские работы на стадии Проект отсутствуют или сводятся к уточнению полевых материалов в камеральных условиях. Обычно это—камеральный период изыскательских работ или они вообще отсутствуют.

Б. Топографо-геодезические работы

1.5. Инженерно-топографические планы мостовых переходов и требования к ним

1. Инженерно-топографические планы мостовых переходов, получаемые в результате выполнения топографо-геодезических работ, должны обеспечивать разработку технико-экономического обоснования (ТЭО), проекта (рабочего проекта) или рабочей документации на строительство моста, регулиционных и берегоукрепительных сооружений и земляного полотна на подходах.

2. Инженерно-топографические планы мостовых переходов следует составлять, как правило, аэрофототопографическим методом по материалам аэрофотосъемки.

Наземную съемку (тахеометрическую или фототопографическую) выполняют в случаях, когда выполнить аэрофотосъемку не представляется возможным или экономически нецелесообразно вследствие ограниченности снимаемой территории.

3. Площадь топографической съемки должна быть достаточна для проектирования мостового перехода и временных сооружений, необходимых для его строительства.

Границы и площади участков, подлежащих топографической съемке, а также масштаб съемки устанавливают в программе изысканий.

Минимальные размеры участка съемки принимают:

поперек реки—в пределах разлива при наибольшем уровне для железных дорог и расчетном для автодорог с превышением в пределах 1—2 м запаса над указанными уровнями по высоте;

вверх и вниз по течению в районе моста, струенаправляющих дамб и срезки подмостового русла—по 1,5 отверстия от оси мостового перехода.

На участках подходов к мосту полоса съемки должна быть достаточна для проектирования всех сооружений, связанных как со строительством мостового перехода, так и его эксплуатацией, но не меньше 100 м в каждую сторону от трассы.

Топографические съемки предусматривают также на участках долинных ходов трассы, где проектируются спрямления русла, запруды, поперечные регулиционные сооружения и укрепление берегов.

Подводную съемку русла, староречий и проток следует выполнять в пределах, необходимых для проектирования мостового

перехода, включая спрямления русла, запруды и пересыпки староречий и проток, а также на участках, достаточных для создания математической модели местности, если предполагается моделирование протекания потока в речной долине.

Подводная съемка производится измерением глубин по створам с плановой привязкой промерных точек и нивелированием урезом в характерные периоды времени.

В пределах мостового перехода производится съемка всех подземных и наземных коммуникаций (газо- и нефтепроводы, водопроводы, линии связи и электропередач и т. п.), проходящих по территории в границах съемки, а также пересекаемых трассой новой железной или автомобильной дороги.

4 Инженерно-топографические планы участков мостовых переходов составляют в зависимости от площади снимаемого объекта в масштабах 1:500 (при площади съемки до 10 га), 1:1000 (площадь до 50 га) и 1:2000 (площадь свыше 50 га). Высоты сечения рельефа горизонталями принимают с учетом сложности ситуации и рельефа 0,5 и 1,0 м.

5. Точность, а также содержание и оформление инженерно-топографических планов мостовых переходов должны отвечать требованиям СНиП 1.02.07—87 [69]

6 Инженерно-топографические планы мостовых переходов составляют, как правило, в системе координат и высот, принятой для проектируемой железной и автомобильной дороги.

7. Объекты, контуры местности и элементы рельефа на топографических планах изображают условными знаками, утвержденными Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК СССР) [88].

Полнота и правильность нанесенных на план подземных и наземных коммуникаций и их характеристики должны быть подтверждены эксплуатирующими эти коммуникации организациями.

1.6. Съемочная геодезическая сеть

1. Геодезической основой для выполнения всех видов наземных топографо-геодезических работ при изысканиях мостовых переходов служат пункты (точки) съемочной геодезической сети (съемочного обоснования).

В качестве съемочного обоснования следует использовать пункты (точки) магистральных и съемочных ходов.

Геодезической основой для аэрофототопографической съемки служит планово-высотное обоснование маршрутной аэрофото-съемки, состоящее из пунктов и реперов геодезической сети, которые надежно опознаются на аэрофотоснимках, планово-высотных и высотных опознаков и пунктов (точек) магистральных ходов.

2. Ходы съемочной геодезической сети следует прокладывать: магистральные ходы—как правило, по оси мостового перехода (по трассе проектируемой железной или автомобильной дороги); съемочные (теодолитные) ходы—в местах, удобных для геодезических измерений и обеспечивающих максимальную площадь съемки с каждой точки хода.

Если для составления топографического плана мостового перехода выполняется многомаршрутная аэрофотосъемка, то съемочная геодезическая сеть представляет собой магистральный ход, проложенный по оси мостового перехода, и сеть магистральных ходов, проложенных в зоне перекрытия маршрутов и опирающихся на точки полигонометрического хода по оси мостового перехода.

3. Магистральные ходы должны быть привязаны в плане и по высоте к пунктам государственной геодезической сети, а съемочные—к пунктам (точкам) магистральных ходов.

Допустимые величины невязок в ходах съемочного обоснования следует принимать в соответствии со СНиП 1.02.07—87.

4. Измерения углов и расстояний в ходах съемочного обоснования должны производиться, как правило, электронными тахеометрами (например, Рекота, Та3) или теодолитами типа 2Т2, 2Т5 с установленными на их колонках светодальномерами (например, СМ5, СТ5) по трехштативной системе.

При прокладке магистральных и съемочных ходов через водотоки шириной до 350 м допускается, при обосновании в программе изысканий, измерение углов теодолитами 2Т30 и измерение длин линий стальными мерными лентами или рулетками. При этом должно быть обеспечено выполнение требований СНиП 1.02.07—87.

5. Длина линий в ходах съемочного обоснования при использовании светодальномера не должна быть менее 20 м на застроенной территории и 40 м на незастроенной территории.

Максимальная длина стороны съемочного хода должна устанавливаться в программе изысканий в зависимости от назначения хода и используемого светодальномера.

При выполнении работ электронными тахеометрами или светодальномерами допускается использовать висячие ходы с одной стороной длиной не более 750 м [20].

В ходах планово-высотного обоснования маршрутной аэрофотосъемки максимальная длина стороны хода определяется условиями привязки опознаков и возможностями используемого светодальномера.

6. Координаты пунктов (точек) съемочной геодезической сети вычисляются по уравненным значениям углов и длин сторон магистральных и съемочных ходов.

Для уравнивания результатов линейных и угловых измерений по магистральному ходу, проложенному по трассе проектируемой дороги (оси мостового перехода), следует использовать координаты пунктов государственной геодезической сети. Для уравнивания результатов линейных и угловых измерений по съемочному ходу следует использовать точки магистрального хода, к которым примыкает съемочный ход.

7. Отметки точек магистральных и съемочных ходов и опознаков планово-высотного обоснования аэрофотосъемки допускается определять методами геометрического или тригонометрического нивелирования.

Выбор метода нивелирования определяется имеющимся парком геодезических приборов и условиями производства работ

Тригонометрическое нивелирование следует применять, как правило, при производстве работ с использованием светодаальномеров или электронных тахеометров

8 Геометрическое нивелирование надлежит выполнять путем прокладки по точкам съемочного обоснования ходов технического нивелирования, которые привязывают к пунктам государственной геодезической сети, маркам и реперам нивелирной сети и к временным реперам

Невязки в нивелирных ходах не должны превышать $50 \cdot \sqrt{L}$ мм, где L —длина хода в км

При привязке к пунктам государственной геодезической сети, маркам и реперам, когда местность имеет большие углы наклона и число станций на 1 км хода более 25, допустимую невязку следует подсчитывать по формуле $f_n = 10\sqrt{n}$ мм, где n —число станций в ходе

При производстве инженерно-геодезических изысканий новых железных и автомобильных дорог временные реперы устанавливаются не реже чем через 2 км. На трассе подходов к мосту реперы устанавливают через 1 км на расстоянии не более 40 м, но за пределами земляного полотна, резервов, водоотводов и т. п.

При проложении нивелирных ходов должны соблюдаться требования СНиП 1 02 07—87.

Таблица 12

Сооружение	Количество		Характер закрепления пунктов
	геодезических пунктов по трассе	реперов	
Мосты длиной до 50 м	Не менее 2	1	Деревянные столбы
От 50 до 100 м	не менее 2 на каждом берегу	1 на каждом берегу	То же
От 100 до 300 м	То же	То же	Железобетонные столбы
Более 300 м	То же	2 на каждом берегу	То же
Подходы	Не менее 2 на 1 км трассы. На кривой закрепляются начало и конец кривой, биссектриса и вершина угла поворота трассы	Не менее 1 на 1 км трассы	Деревянные столбы

Примечания 1 Если ось моста пересекает остров, то на нем дополнительно должны быть установлены не менее одного створного знака по оси моста и одного высотного репера

2 Ось моста расположенного на кривом участке пути, закрепляется по направлению хорды, стягивающей начало и конец моста. В случае расположения русловой части моста на прямой, а пойменных эстакад на кривой, криволинейные части моста следует закреплять по линии тангенсов

9. Для определения длин линий при тригонометрическом нивелировании следует использовать светодальномеры и электронные тахеометры.

Для измерения вертикальных углов нужно использовать теодолиты типа 2Т2 и 2Т5 или равноточные им электронные тахеометры. Рекомендуется использовать теодолиты с компенсатором места нуля вертикального круга.

10. Пункты (точки) ходов съемочной геодезической сети при инженерно-геодезических изысканиях мостовых переходов закрепляют на местности временными знаками—деревянными кольями диаметром около 10 см или столбами, в которые вбиты гвозди, фиксирующие центр знака.

При работах в залесенной и таежной местностях в качестве знаков могут быть использованы пни спиленных деревьев диаметром не менее 20 см.

Закрепление оси мостового перехода и трассы подходов производится в соответствии с данными табл. 1.2.

1.7. Аэрофототопографическая съемка

1. Состав работ при аэрофототопографической съемке мостовых переходов следует определять в программе изысканий.

Работы делятся на три периода: подготовительный, полевой и камеральный.

Подготовительный период включает:

сбор имеющихся картографических, геодезических, аэрофото-съемочных и других материалов;

изучение и анализ природных условий района работ;

камеральное проектирование мостового перехода по имеющимся картам и планам;

составление технического задания и календарного графика производства аэрофотосъемки, полевых и камеральных работ;

организационные мероприятия по аэрофотосъемочным, полевым геодезическим и камеральным работам (согласования, оформление разрешений, организация баз и т. п.).

При составлении технического задания тщательно определяют виды летних работ, границы стереотопографической съемки, положение аэрофотосъемочных маршрутов и ходов геодезического обоснования.

В полевой период выполняют комплекс работ и обследований, предусмотренных программой изысканий:

наземную и аэровизуальную рекогносцировку местности;

аэрофотосъемочные работы;

фотолабораторные работы;

планово-высотное обоснование и полевое дешифрирование аэрофотоснимков.

В камеральный период производят:

обработку материалов полевых работ и обследований;

фотограмметрическое сгущение опорной сети;

стереофотограмметрическую обработку аэрофотоснимков;

составление инженерно-топографических планов.

2. Аэрофотосъемку следует выполнять в соответствии с требованиями ГКИНП 09-32—80 [27] и ВСН 208—89 [20].

Аэрофотосъемку производят в соответствии с техническим заданием, составленным руководителем отдела, выполняющего аэрофототопографическую съемку.

В техническом задании должны быть указаны:

район работ, границы участка аэрофотосъемки, календарные сроки производства аэрофотосъемки и сдачи продукции;

масштабы фотографирования и создаваемых топопланов;

тип и фокусное расстояние аэрофотоаппарата (АФА);

тип носителя и необходимость применения статоскопа и радиовысотомера;

время съемки: вегетативный период (наличие или отсутствие листового покрова), весенний и осенний ледоход, паводковые периоды, межень;

необходимость установки дополнительных АФА и аппаратуры (гидроустановка, воздушная помпа и др.);

часы и условия производства аэрофотосъемочных работ (например, съемка при наличии сплошной облачности среднего и верхнего яруса);

используемый картографический материал для прокладки маршрутов (карты, схемы, продольные профили);

специальные требования к аэрофотосъемке.

3. Воздушное фотографирование для составления инженерно-топографических планов при изысканиях мостовых переходов следует выполнять АФА типа ТЭС-100М, ТЭ-140М, ТЭ-200М.

Для крупномасштабной аэрофотосъемки застроенных территорий рекомендуется использовать АФА-ТК 10/18, позволяющий компенсировать сдвиг изображения («смаз») в момент экспонирования. Использование АФА ТЭС-100М позволяет уменьшить масштаб фотографирования на 30%, по сравнению с АФА ТЭ, за счет более высоких измерительных свойств аэронегативов.

4. Масштаб фотографирования при аэрофототопографической съемке принимают в соответствии с требованиями СНиП 1.02.07—87, учитывая масштаб составляемого инженерно-топографического плана, высоту сечения рельефа горизонталями, а также имеющиеся в наличии АФА и стереофотосграмметрические приборы.

5. Число аэрофотосъемочных маршрутов, прокладываемых при производстве аэрофотосъемки, определяется масштабом фотографирования и заданными границами съемочного участка.

Одиночный аэрофотосъемочный маршрут прокладывают, как правило, по оси мостового перехода. При производстве многомаршрутной аэрофотосъемки ось одного из маршрутов должна совпадать с осью мостового перехода.

В случае необходимости аэросъемочные маршруты допускается прокладывать вдоль направления течения реки так, чтобы главные точки снимков попадали на берег вблизи уреза воды.

Аэрофотосъемочные маршруты прокладывают, как правило, визуально по наземным надирным ориентирам, отмеченным на картах, планах или фотосхемах, составленных по материалам аэрофотосъемки предыдущих лет.

На подходах к мостовому переходу со стороны перегонов аэрофотосъемочные маршруты прокладывают на расстоянии не менее чем на два базиса за границей съемки.

Продольное перекрытие снимков принимают равным 60%. Продольное перекрытие 80 и 90% задается по специальному заданию.

При прокладке аэрофотосъемочных маршрутов вдоль варианта мостового перехода при ширине водотока более расчетного базиса фотографирования следует увеличивать продольное перекрытие снимков на участках, расположенных вблизи урезов воды, до 90% с тем, чтобы в процессе камеральной обработки можно было выбрать стереопары для стереофотограмметрических измерений.

При прокладке аэрофотосъемочных маршрутов вдоль водотока продольные перекрытия аэрофотоснимков следует увеличивать в зоне пересечения оси мостового перехода.

6. Воздушное фотографирование для составления инженерно-топографических планов мостовых переходов производят, как правило, при отсутствии облачности. Высота солнца при фотографировании на черно-белую пленку должна быть не менее 20° над горизонтом, для цветной и спектральной пленки— 25° . Следует учитывать, что в середине дня растут восходящие и нисходящие потоки воздушных масс (особенно на границах смены подстилающих поверхностей), затрудняя вождение носителей и снижая качество работ, а в утренние и вечерние часы возникают значительные тени от рельефа и растительности, мешающие стереоскопическим измерениям и дешифрированию снимков.

Если по изображению водной поверхности на аэроснимках предполагается определять (стереофотограмметрически) скорости течения и направление струй водного потока, аэрофотосъемка должна производиться при сплошной облачности среднего и верхнего яруса, поскольку при солнечном освещении, особенно когда направление аэрофотосъемочных маршрутов совпадает с направлением на солнце, на водной поверхности возникают блики.

Для аэрофотосъемки небольших мостовых переходов эффективно использовать вместо традиционных носителей (самолета, вертолета) двухместные мотодельтапланы, на которых установлен комплекс навигационной и аэрофотосъемочной аппаратуры.

7. Фотолабораторную обработку аэрофотопленок и оценку качества залетов следует выполнять в соответствии с требованиями ВСН 208—89.

8. Топографо-геодезические работы для обоснования аэрофотосъемочных маршрутов производятся в соответствии с проектом геодезического обоснования.

Проект геодезического обоснования и схема расположения ходов съемочной геодезической сети и опознаков составляются специалистами аэрогеодезической группы с учетом назначения топо-

графических планов, их масштаба и вида стереофотограмметрических приборов, применяемых для обработки аэроснимков.

Положение планово-высотных и высотных опознаков, а также контрольных точек намечают на репродукциях накидного монтажа с учетом требований ВСН 208—89.

Планово-высотные опознаки следует выбирать в зоне тройного перекрытия аэрофотоснимков (вблизи границ съемки и урезов воды), контрольные точки—равномерно по площади стереопары.

Положение опознаков и контрольных точек уточняют под стереоскопом на контактных отпечатках и переносят на репродукции накидного монтажа.

Опознаки и контрольные точки следует располагать на горизонтальных площадках, мало отличающихся по высоте от окружающей местности.

Опознаки перед залетом должны быть замаркированы. Маркировку опознаков следует выполнять в соответствии с требованиями СНиП 1.02.07—87.

9. Инженерное дешифрирование аэрофотоснимков (полевое и камеральное) выполняют в соответствии с требованиями и рекомендациями ВСН 208—89.

Камеральные фотограмметрические работы при составлении топографических планов мостовых переходов следует выполнять в соответствии с требованиями [27].

10. Составление топографических планов мостовых переходов в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 стереофотограмметрическим способом можно выполнять как на универсальных приборах аналогов типа (СПР, СД, СЦ, Стереометрограф и т. п.), так и аналитическими методами с использованием стереокомпараторов (стекометров) и ЭВМ, а также аналитических фотограмметрических приборов типа «Анаграф» ЦНИИГАиК.

11. Составление топографических планов масштаба 1:2000, 1:1000 и 1:500 стереотопографическими способами при изысканиях мостовых переходов можно выполнять по одной из следующих технологических схем:

аналитическое сгущение фотограмметрической сети, определение координат элементов ситуации и сооружений, составление фотоплана (ортофотоплана) в масштабе 1:2000 и 1:1000;

аналитическое сгущение фотограмметрической сети, определение координат элементов ситуации и сооружений в пределах обрабатываемой полосы местности и составление фотографического плана на универсальных приборах аналогового типа;

аналитическое сгущение фотограмметрической сети и получение цифровой модели местности (ЦММ) на обрабатываемую полосу местности с последующим составлением топографических планов на автоматизированных графопостроителях.

Технологическую схему составления инженерно-топографического плана мостового перехода выбирают с учетом оснащенности проектно-изыскательского института фотограмметрическими приборами и ЭВМ.

12. ЦММ должна обеспечивать автоматизированное составление топографических планов и получение исходных данных для автоматизированного проектирования новых сооружений в пределах съемки.

Исходная топографо-геодезическая информация о местности, необходимая для составления ЦММ, получается в результате топографо-геодезических работ, выполненных различными методами (стереотопографическая съемка, тахеометрическая съемка и др.).

Точность ЦММ должна соответствовать точности инженерно-топографического плана соответствующего масштаба. При построении и преобразованиях ЦММ точность исходной информации должна сохраняться.

13. При изысканиях мостовых переходов в результате выполнения камеральных работ должны быть получены следующие материалы:

инженерно-топографические планы или фотопланы мостового перехода с изображением рельефа горизонталями;

фотокальки или репродукции на прозрачной основе с инженерно-топографического плана или фотоплана мостового перехода;

контактные отпечатки с результатами дешифрирования;

репродукции накидного монтажа с положением точек планово-высотных опознаков и границами съемки;

каталог высот и координат пунктов съемочного обоснования и точек трассы;

координаты точек ЦММ, выданные на печать (в случае, если в процессе камеральных работ получают ЦММ), а также машинные носители информации (магнитная лента, магнитные диски), на которых записаны координаты точек ЦММ.

1.8. Наземные топографические съемки

1. Основным видом наземной топографической съемки при изысканиях мостовых переходов служит тахеометрическая съемка. Мензульную съемку выполняют при небольших площадях съемки в пересеченной местности и благоприятных климатических условиях, когда детальный топографический план необходимо составлять в поле. Для небольших открытых и плоских площадок можно использовать метод нивелирования по квадратам.

Генеральные и детальные инженерно-топографические планы мостовых переходов в горных районах, когда подходы к мосту расположены на крутых косогорах или прижимах, могут быть получены (дополнены) при помощи наземной фототопографической съемки с противоположного берега или с уреза воды.

2. Тахеометрическую съемку производят электронными (РЕКОТА, ТаЗ), электрооптическими (ЕОТ-2 000, Та-5), номограммными (Дальта 010, Дальта 020, ТН) и внутрибазными (BRT-006) тахеометрами или, как исключение, теодолитами.

При съемке тахеометрами ТН, Дальта 010, Дальта 020, BRT-006 или тахеометрами Theo 200, Theo 030 рекомендуется использовать картографические столики, соединяющиеся механиче-

скими приспособлениями с геодезическими приборами (например, столик Карти 250).

3. Тахеометрическую съемку следует выполнять, как правило, с пунктов (точек) съемочного обоснования.

При производстве тахеометрической съемки должны соблюдаться требования, установленные СНиП 1.02.07—87.

Если в процессе составления плана обнаруживается несогласованность измерений или отсутствие промеров, то все уточнения должны быть выполнены в поле.

При автоматизированной технологии производства камеральных работ контроль составления инженерно-топографических планов должен выполняться в процессе ручной доработки.

4. Составленный инженерно-топографический план мостового перехода подлежит проверке в поле путем сравнения с натурой и проведения контрольных измерений.

Расхождения между расстояниями и высотами, взятыми с плана и полученными в натуре, не должны превышать допусков, предусмотренных СНиП 1.02.07—87.

При получении недопустимых расхождений проверяют правильность накладки точек в соответствии с абрисами, а если ошибка не обнаружена, должны быть повторены контурные измерения.

5. В результате производства тахеометрической съемки должен быть получен следующий комплекс материалов:

журналы тахеометрической съемки с абрисами станций ориентирования и наблюдения точек; при использовании столика Карти 250—планшеты съемки;

схема съемочного обоснования;

ведомость вычисления координат и высот точек съемочного обоснования;

планы тахеометрической съемки;

акты приемки и контроля работ.

9. При выполнении мензульной съемки следует руководствоваться требованиями и рекомендациями Инструкции [28].

10. Для наземных фототопографических съемок рекомендуется использовать универсальные фотокамеры с фокусным расстоянием объектива 100 мм типа УМК 10/1318 с последующей обработкой материалов аналитическими методами.

В качестве геодезической основы для наземной фототопографической съемки следует использовать базисный ход. Измерения линий этого хода должны выполняться, как правило, светодальномером или электронным тахеометром (в крайнем случае методом короткобазисной полигонометрии).

При выполнении наземной фототопографической съемки следует руководствоваться требованиями и рекомендациями Инструкции [28] и Методических указаний [41].

А. Наземные работы (контактный метод)

2.1. Цели и методы выполнения работ

1. Под гидрометрическими работами понимается комплекс наблюдений и работ, производимых на реке в районе перехода с целью изучения ее гидрологического режима. К ним относят измерение и направление скоростей течения, наблюдения за уровнем режимом и ледовыми явлениями.

По результатам гидрометрических работ определяют распределение расходов воды между руслом, протоками и элементами поймы при уровнях воды выше бровок русла, заполнение и опорожнение пойменных массивов и другие особенности протекания потока, что позволяет выявить уклоны свободной поверхности, коэффициенты шероховатости морфологически однородных участков, тенденции спрямлений, свала потока и прочее с целью принятия правильных проектных решений по регулированию потока.

2. Немаловажным обстоятельством при принятии решения об организации гидрометрических работ является их высокая стоимость. Поэтому к гидрометрическим работам прибегают при изысканиях мостовых переходов через неизученные и слабо изученные реки, для которых отсутствуют данные гидрометрических наблюдений, а также для крупных или сложных мостовых переходов.

3. Гидрометрические работы выполняют на стадии проекта и в особых случаях на стадии ТЭО.

Организация работ на стадии ТЭО позволяет увеличить время наблюдений за изучаемыми явлениями (ледовыми, уровнем и т. д.).

4. Гидрометрические работы по методу их проведения подразделяются на наземные (контактный метод) и аэрогидрометрические (дистанционный метод). Метод выполнения работ зависит от ширины русла и всей речной долины, а также сроков проведения изыскательских работ и технических возможностей.

2.2. Организация работ

1. Гидрометрические работы выполняют согласно Наставлению Гидрометеослужбы [43], дополнений к нему, а также с учетом предложений и требований [14, 85].

2. Гидрометрические наблюдения за водным режимом реки выполняют в два этапа. До начала половодья:

обозначают на местности и измеряют гидростворы, оборудуют тросовые перетяжки;

устраивают водомерные посты;

строят вышки для засечек поплавков, оборудуют суда для измерения скоростей вертушкой;

производят подводную съемку русла.

В период половодья выполняют:
наблюдения за уровнем воды;
измерения скоростей и наблюдения направлений течений, судовых ходов, сплава и ледохода;
подводную съемку русла, в необходимых случаях повторную съемку русла после прохода половодья.

3. При сложных условиях протекания потока на участке перехода, чтобы проследить изменения гидравлических элементов потока в продольном и поперечном направлениях, назначают два-три створа. Створ, совмещенный с осью перехода, принимают за главный. Желательно, чтобы на главном створе:

русло было прямолинейным, без резких изменений глубин, без островов и отмелей;

пойма по возможности имела наименьшую ширину, была незаросшей, без протоков и озер;

направления течения на пойме и в главном русле были примерно параллельными.

4 При расположении проектируемого моста в подпоре назначают дополнительный створ вне зоны подпора для наблюдений на нем неискаженного подпором прохода половодья или используют данные наблюдений ГМС.

5. Створ на местности трассируют теодолитом с разбивкой и нивелировкой; створ закрепляют вехами по две на каждом берегу.

При широком разливе и открытой пойме устанавливают дополнительные вехи на пойме.

На заросшей пойме вырубает просеку шириной 5—6 м для свободного плавания лодок.

Вертикали на пойме закрепляют вехами или поплавками, привязанными к якорям в виде крупных камней, зарытых на глубину не менее 1 м. Длину веревки поплавок принимают равной полуторной глубине на данной вертикали при УВВ.

Вертикали в главном русле закрепляют: при работе по тросовой перетяжке—размеченными марками на тросе; при работе с лодки, устанавливаемой на якорь—предварительно вычисленными горизонтальными углами направлений на каждую вертикаль с закрепленного на местности пункта или по закрепленным на местности веерным створам.

Расстояние между промерными вертикалями должно быть на реках шириной до 800 м от $\frac{1}{10}$ до $\frac{1}{15}$ ширины реки, но не более 50 м.

При работе с существующих мостов вертикали закрепляют на нижнем поясе ферм (при работе со смотровой площадки) или на настиле тротуара.

2.3. Оборудование и устройства для наблюдений за водным режимом реки

1. Вышку для производства работ по засечке траекторий поплавков, льдин и судового хода рассчитывают на нагрузку от двух человек и ветровое давление.

Центр вышки должен быть «привязан» к пунктам опорной сети мостового перехода.

Высоту инструментального столика вышки над наивысшим уровнем воды в реке определяют по формуле:

$$H_r = 0,0175D_n,$$

где D_n —наибольшее расстояние от центра вышки до границ участка наблюдения.

При этом должны обеспечиваться условия работ, изложенные в п. 2.6.

Строительство вышки по обоснованному расчетами проекту осуществляется специалистами, знающими правила производства работ.

2. Плавсредства для наблюдений в русле подбирают с учетом грузоподъемности и техники безопасности работ. Комплект инструментов и оборудования включает: вертушку, лебедку вертушечную с тросом и грузом, опорную лебедку с канатом и якорем, секундомеры (2 шт.), средства сигнализации, спасательные пояса или круги по числу работающих на плавсредствах, инструменты для ремонта оборудования.

Массы груза для гидрометрических вертушек и якорей подбирают с учетом скоростей течений реки по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Наибольшая скорость течения, м/сек	Для вертушки		Для якоря	
	масса груза, кг	диаметр троса, мм	масса якоря, кг	диаметр каната, см
до 1,0	25	2	10	2,0
2,0	60	4	30	2,5
3,0	100	5	50	3,0
3,0	150	6	70	4,0

На пойме, при глубинах не более 3 м, применяют легкие лодки и вертушки на штанге.

3. Тросовые перетяжки для плавсредств или люлек устраивают при ширине реки до 60 м.

Диаметр троса для предварительного определения собственного веса вычисляют по формуле, в мм:

$$d_r = 0,35\sqrt{g},$$

где g —нагрузка, равная весу груженой люльки или гидродинамическому давлению на понтон, в ньютонах

Закрепление тросовых перетяжек должно быть надежным и обосновано расчетами.

Наибольшее натяжение троса не должно превышать $1/6$ его временного сопротивления на разрыв по ГОСТ 3071—74.

Расчет натяжения троса проверяют по полученной в натуре стреле провеса.

4. При работе с плавсредством, закрепленным за трос, сопротивление, воспринимаемое им, передается в виде нагрузки на трос и определяется по формуле (в Н):

$$q = 3,5 S_{\text{п}} v_{\text{max}}^2,$$

где v_{max} —максимальная поверхностная скорость течения, м/сек; $S_{\text{п}}$ —смоченная поверхность плавсредства, м², определяемая по формуле

$$S_{\text{п}} = \frac{l_{\text{п}}}{T_{\text{п}}} + 0,83 \cdot B_{\text{п}},$$

где $l_{\text{п}}$ —длина плавсредства, м; $T_{\text{п}}$ —осадка плавсредства, м; $B_{\text{п}}$ —ширина плавсредства, м

Для плавсредства, оборудованного в виде паромы из нескольких лодок, $S_{\text{п}}$ подсчитывают с учетом числа лодок:

$$S_{\text{п}} = \frac{n l_{\text{п}}}{2 T_{\text{п}}} + 0,83 \cdot B_{\text{п}}.$$

Устройство перетяжек на судоходных или сплавных реках требует получения письменного разрешения судоходных или сплавных организаций.

5. На реках, несущих в паводок наносник, деревья и прочее у перетяжки организуется постоянное дежурство для быстрого спуска троса в воду. Плавсредство должно иметь приспособление для быстрого разъединения его с тросом.

К устройству тросовых перетяжек и их эксплуатации, особенно при опускании троса для пропуска судов и плотов, должны допускаться специалисты, знающие соответствующие правила техники безопасности.

2.4. Уровни воды

1. Уровни воды измеряют с помощью водомерных постов, размещаемых в местах, не подверженных размыву, защищенных от ударов льдин и бревен, вне заводей, подпоров, обратных течений и по возможности на берегах с откосами крутизной 1:5—1:2.

2. Применяют водомерные посты:

- свайные на беспойменных скальных берегах;
- реечные на пойменных террасах или скальных берегах;
- свайно-реечные на высоких пойменных берегах;
- с самописцами уровня.

Превышение отметок торцов соседних свай не должно быть более 0,5 м. Сваи не должны возвышаться над поверхностью земли более 25 см. Деревянные сваи забивают, а металлические завинчивают ниже глубины промерзания.

3. У водомерного поста на затопляемом месте устанавливают репер, отметку которого определяют двойной нивелировкой IV класса с допустимой невязкой $20\sqrt{L}$ (мм), где L —расстояние в км.

4. На участке мостового перехода должно быть установлено не менее трех водомерных постов; один из них совмещают с главным гидрораствором, а два других (для определения уклона) распола-

гают вверх и вниз от него не ближе расстояния, зависящего от продольного уклона реки:

Уклон, %	0,05	0,10	0,30	0,50	1,0	и более
Расстояние, км	2	1,0	0,3	0,2	0,1	

Указанные расстояния между водпостами обеспечивают измерение осредненного на этих участках уклона водной поверхности с точностью 10% при измерении уровня воды с точностью 1 см.

На реках с малыми уклонами вместо устройства уклонных водомерных постов выполняют мгновенные наблюдения уклонов по урезным кольям.

5. На реках с разностью уровней воды у противоположных берегов более двойной точности измерений на водомерном посту (2 см), а также на обширных поймах при наличии поперечного уклона количество и расположение постов зависит от местных условий.

6. Водомерный пост снабжается:

максимальной водомерной рейкой для фиксации наивысшего уровня;

переносной водомерной рейкой ежедневных измерений уровня воды;

аккумуляторным фонарем;

легким плавсредством.

2.5. Глубина потока

1. Промерные работы следует выполнять в соответствии с положениями [38].

Измерение глубин рекомендуется выполнять с применением эхолотов. При отсутствии эхолотной аппаратуры глубины до 3—4 м измеряют наметкой, а свыше 3—4 м—лотом.

Плановая привязка гидрометрических измерений по створу может выполняться любыми геодезическими методами, которые определяются конкретными топографическими условиями створа, наличием соответствующего геодезического инструмента и квалификацией технического состава.

2. Для измерения глубин (свыше 1 м) ультразвуковым способом применяют эхолот (например, «Язь»), размещаемый на плавсредстве. На начальной и конечной стадиях перемещения плавсредства при измерениях глубин, т. е. при отходе от берега и приближении к конечной точке створа, скорость перемещения плавсредства будет отличаться от скорости его перемещения на основной части створа. Указанное обстоятельство следует учитывать при определении горизонтального масштаба записи глубин на ленте эхолота. Для этого начальный и конечный участки створа рекомендуется обеспечить средствами дополнительной плановой ориентировки. Наиболее простым и достаточно надежным способом определения планового положения промерных точек на этих участках является использование косых вспомогательных створов, выставленных на берегах реки.

3. В момент нахождения плавсредства в точках пересечения промерного и косых створов на ленте эхолота 2 делают оператив-

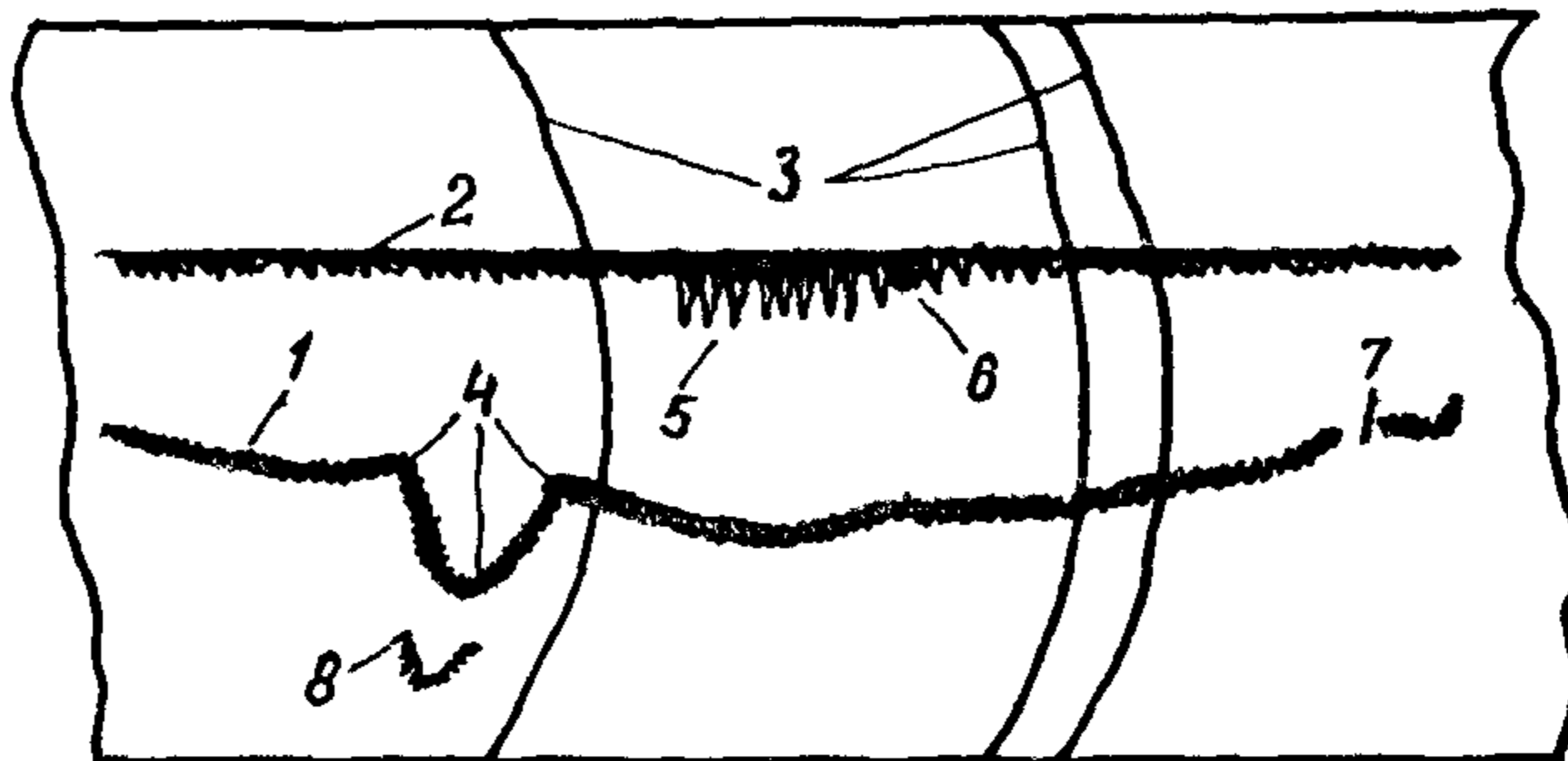


Рис 2.1. Батиграмма эхолота:

1—линия записи дна; 2—линия начального отсчета; 3—оперативные отметки на промежуточных промерных точках; 4—характерные точки дна; 5 и 6—начальная линия при толщине льда 40 и 20 см; 7—отсутствие отраженного сигнала от дна при неправильном выборе усиления (недостаток усиления); 8—кратный сигнал, отраженный от дна при неправильной регулировке усиления (избыток усиления)

ные отметки 3 (рис. 2.1). При дальнейшем движении плавсредства по промерному створу оперативные отметки делают через равные интервалы или по сигналам, подаваемым для угловых засечек, если это предусмотрено по условиям производства работ.

При измерении глубин наблюдатель визуально оценивает качество записи результатов измерений на батиграммной ленте эхолота и по мере необходимости ослабляет или усиливает зондирующий сигнал вращением ручки регулятора усиления мощности прибора.

4. Промеры глубин эхолотом типа «Язь» можно производить при ледяном покрове толщиной до 1 м, но не менее безопасной толщины для производства работ, если подо льдом и в его толщине нет воздушной прослойки. При промерах со льда в месте измерения глубины на лед наливают немного воды и устанавливают вибратор на смоченную поверхность.

5. Эхолотом определяют толщину льда, которая отображается на ленте самописца толщиной начальной линии. Для установления связи между толщиной льда и толщиной начальной линии эхолот тарируют. Для этого на поверхности льда устанавливают ледяной куб, одну грань которого делают ступенчатой с высотой ступени 20—30 см. На каждую ступень куба ставят вибратор и, зная толщину льда, сопоставляют ее с соответствующей толщиной начальной линии на ленте эхолота.

6. При обработке материалов промерных работ определяют линейную невязку, которую находят из сравнения общей длины створа и той же длины, полученной суммированием расстояний между промерными точками. Полученную невязку распределяют пропорционально измеренным расстояниям.

7. Участки между промерными точками определяют по отметкам и промерам точек на батиграмме. На участке между промерными точками выбирают характерные точки переломов рельефа дна для переноса их на профиль поперечника. Глубины в этих точках снимают с батиграммы, для чего применяют палетку в виде круговой кривой (радиус ее равен радиусу записи на батиграмме), на которой написаны глубины в метрах.

8. Поперечный профиль реки вычерчивают по данным промеров глубин в русле и данным нивелирования берегов на незатопляемых участках в желаемом масштабе на миллиметровой бумаге.

Участки промерного створа, заключенные между линиями оперативных отметок и характеризуемые точками рельефа русла, переносят на промерный створ, который зафиксирован на миллиметровой бумаге.

Перенос точек начала и конца участков промерного створа и характерных точек рельефа русла осуществляют, используя прямоугольный треугольник. Для этого точку начала промерного створа на батиграмме совмещают с аналогичной точкой на миллиметровой бумаге, а начальную линию отсчета на батиграмме располагают под таким углом α к горизонтальной линии, чтобы при совпадении одного катета треугольника с начальной линией отсчета точки конца промерного створа, вычерченного на батиграмме и миллиметровой бумаге, располагались по другому катету треугольника (см. ниже рис. 2.6). Положение промежуточных характерных точек русла, зафиксированных на батиграмме, переносят на горизонтальную линию профиля путем параллельного перемещения треугольника по линии начального отсчета батиграммы. При длине промерного створа более 500 м построение поперечного профиля производят последовательно по участкам створа между линиями оперативных отметок, расстояния между которыми измерены в натуре. Поперечный профиль на каждом участке промерного хода строится самостоятельно методом, изложенным выше.

2.6. Измерение скоростей и направлений течения поплавками

1. Одноточечный поплавокый способ измерения скоростей течений при своей простоте и дешевизне имеет недостаток—зависимость точности от состояния погоды.

Для определения направлений и измерения скоростей течений используют поплавки, изготовленные из дерева в виде круглого диска диаметром около 25 см и толщиной около 5 см. В центре диска укрепляют стержень высотой до 15 см с цветным флажком. Если расстояние от вышки до поплавков более 1 км, применяют поплавки треугольной формы. При длине каждой стороны 0,5 м вершины треугольников снабжают стержнями с флажками высотой 15—20 см. При плохой видимости поплавки сопровождают лодкой.

2. Поплавковые измерения выполняют в количестве двух во время ледохода, двух на пике, двух на подъеме и трех на спаде половодья (до межени).

Длину участка наблюдений желательно принимать не менее двойной ширины русла.

Участок наблюдений выбирают так, чтобы около $\frac{2}{3}$ его протяжения располагалось выше и $\frac{1}{3}$ ниже перехода.

Число траекторий поплавков в русле в одном измерении должно быть не менее:

	Траек- тории
для рек шириной до 200 м	7—9
для рек шириной до 500 м	9—11
для рек шириной до 1000 м	11—13
для рек шириной свыше 1000 м	13—15

Желательно, чтобы траектории располагались равномерно по ширине потока.

На открытой пойме также выполняют поплавковые измерения в количестве, зависящем от местных условий.

3. Минимальные вертикальные углы, допускаемые при засечках поплавков, приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Высота инструмента над уровнем воды, м	Масштабы съемок			
	1 : 500	1 : 1000	1 : 2000	1 : 5000
	Минимальные углы наклона, град.			
10	4	3	2	1,5
20	6	4,5	3	2
30	8	5,5	4	2,5
40	10	6	4,5	3

Примечание. Углы показаны для одномоментного теодолита. Для 30-секундного теодолита значения углов уменьшаются вдвое.

4. Максимальные промежутки времени в секундах между двумя засечками поплавков указаны в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Масштаб поплавкового планшета	Поверхностные скорости течения, м/сек		
	До 1	До 2	>2
	Максимальные промежутки времени, с		
1 : 5000	120	60	40
1 : 2000	90	45	30
1 : 1000	60	30	20

Линию урезом снимают однотоочечным способом, одновременно с измерениями.

5. Обработка поплавковых наблюдений заключается в накладке хода поплавков на планшет с указанием промежутков времени между засечками. Накладку производят в полярных координатах по горизонтальному углу, отсчитанному от створа вышки и расстоянию от центра вышки до поплавка D , которое определяют по формуле

$$D = \frac{h_T}{\operatorname{tg} \alpha \pm i \sin \varphi},$$

где α —вертикальный угол; i —продольный уклон потока; φ —горизонтальный угол между створом, проходящим через вышку и направлением на поплавок; h_T —превышение отметки горизонта инструмента над отметкой рабочего уровня воды в створе вышки.

Знак минус принимают для поплавков ниже створа, а плюс—выше створа.

Отметку рабочего уровня воды $H_{\text{раб}}$ вычисляют как среднее арифметическое из отметок уровня в начале и конце измерения:

$$H_{\text{раб}} = \frac{H_{\text{нач}} + H_{\text{кон}}}{2}.$$

Разность $H_{\text{нач}} - H_{\text{кон}}$ не должна превышать для масштаба планшета 1 : 1000—0,02, 1 : 2000—0,05, 1 : 5000—0,10 м.

При больших значениях указанной разности для одного наблюдения устанавливают такое количество рабочих уровней, которое обеспечивало бы требуемую точность наблюдений.

6. Для исключения поправки на продольный уклон потока поплавковый планшет разбивают на участки по длине реки. Для каждого участка вычисляют значение h_{Ti} и расстояние до поплавка определяют по формуле:

$$D = h_{Ti} / \operatorname{tg} \alpha.$$

Количество участков для вычисления h_{Ti} определяют по тем же условиям, что и количество рабочих уровней воды.

7. У каждой засечки поплавок на планшете выписывают время по секундомеру. На планшете с траекториями поплавков строят эпюры поплавковых скоростей. Для этого предварительно проводят линии равных времен хода поплавков от выбранного сечения (рис. 2.2), откладывая в каждую сторону (при масштабе скорости 1 см—0,2 м/сек) время хода, которое принимают применительно к табл. 2.3.

8. Ординаты эпюры поплавковых скоростей берут как суммы расстояний от отправного сечения до линий равных времен по нормальному направлению к створу.

На криволинейных участках русла или при резком изменении скоростей по длине реки (вследствие наличия отмелей, побочней и т. п.) способ построения эпюры поплавковых скоростей по линиям равного времени хода поплавка не применим.

В этих случаях строят изолинии поверхностных скоростей течения по засечкам на планшете, и по изолиниям—эпюру поверхностных скоростей течения для выбранного сечения.

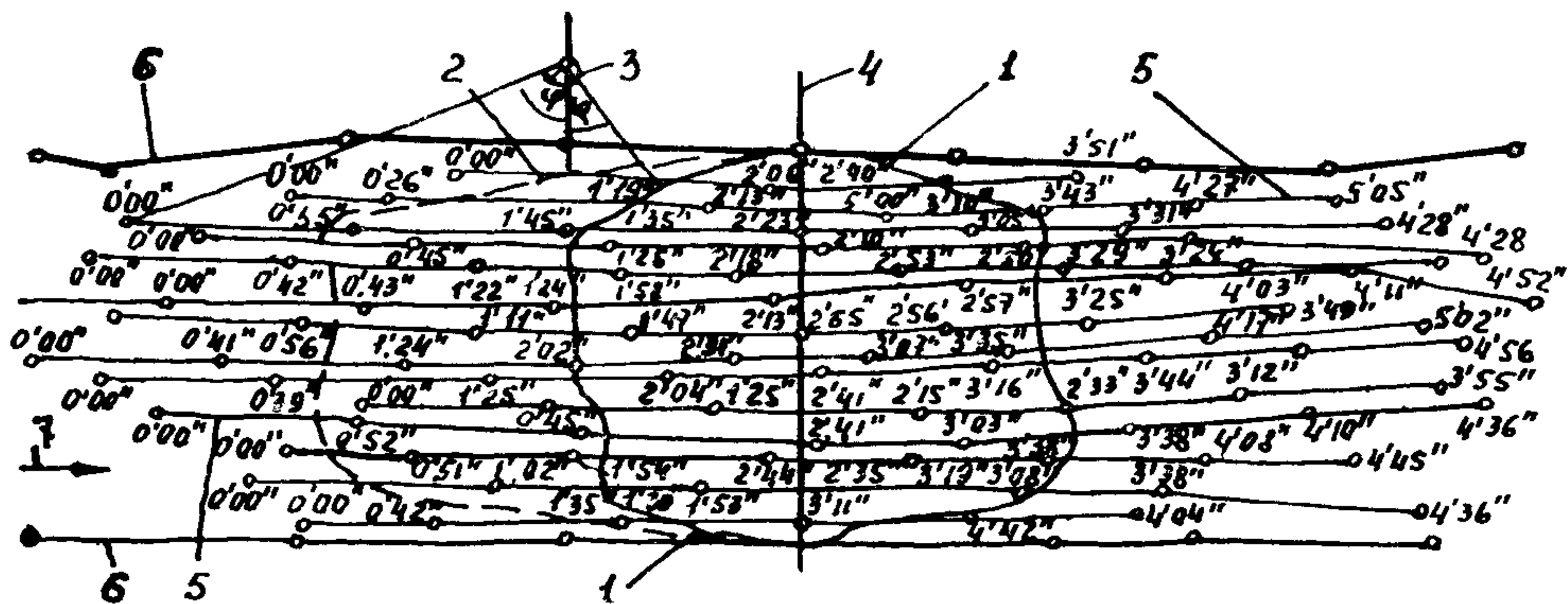


Рис 22 Измерения направлений и скоростей течения поверхностными поплавками

1—эпюра равных времен, 2—эпюра поплавковых скоростей 3—пункт засечки поплавков, 4—створ наблюдений, 5—траектории хода поплавков, 6—линии урезов воды, 7—направление течения

9. При невозможности постройки вышки, например в северных безлесных районах, а также при волнениях на акватории, целесообразно измерять скорости и направления течения методом засечек поплавков двумя или тремя теодолитами без измерения вертикальных углов.

Указанный метод включает сигнализацию, обеспечивающую синхронность засечек поплавков. Работа с двумя теодолитами должна ограничиваться углом пересечения засечек на поплавок в пределах 30° — 150° . Это ограничение может быть соблюдено соответствующей расстановкой или периодической перестановкой одного или обоих теодолитов.

10. Эпюру поверхностных (поплавковых) скоростей $U_{\text{пов}}$ переносят на профиль живого сечения и строят эпюру фиктивных расходов на вертикалях по ординатам $q_{\text{ф}} = U_{\text{пов}} h$, где h —глубина на данной вертикали.

Таблица 24

Характеристика русла	Средняя глубина, м			
	1—5		>5	
	k_1	k_2	k_1	k_2
Русла прямые, чистые земляные (глина, песок), галечные гравийные	0,84	0,66	0,86	0,67
Русла извилистые, частично заросшие травой, каменистые	0,80	0,63	0,83	0,65
Русла извилистые, сложенные из крупных валунов	0,74	0,59	0,82	0,62

Фиктивный расход Q_{ϕ} (м³/сек) определяют планиметрированием эпюры фиктивных элементарных расходов, а величину действительного расхода вычисляют как

$$Q = k_1 Q_{\phi}.$$

Коэффициент k_1 для приближенных расчетов определяют согласно табл. 2.4, составленной Г. В. Железняковым.

11. Для более точного определения k_1 [14] следует пользоваться формулой

$$k_1 = \frac{(2,3\sqrt{g+0,3C})C}{[(2,3+\beta_*)\sqrt{g+0,3C}]C + \beta_*g}, \quad (2.1)$$

где $g=9,8$ м/сек²; β_* —параметр формы живого сечения естественных русел, принимаемый в зависимости от коэффициента формы сечения $\alpha_{\phi} = h_{\max}/H$; H , h_{\max} —средняя и максимальная глубина потока

α_{ϕ}	. . . . .	2,5	2,0	1,75	1,50	1,25	1,00
β_*	. . . . .	1,3	1,21	1,15	1,09	1,02	1,00

C —коэффициент Шези (м^{0,5}/сек), принимаемый в зависимости от коэффициента шероховатости n (см. прил. 3.3) Для приближенных расчетов можно пользоваться формулой Маннинга $C = \frac{H^{1/6}}{n}$.

12. Если поплавки проходят только по стрежню потока, определяют максимальную поверхностную скорость v_{\max} ; расход определяют как $Q = k_2 \omega v_{\max}$, где ω —площадь живого сечения,

$$k_2 = \frac{(2,3\sqrt{g+0,3C})C}{(4,1\sqrt{g+0,4C})C + g}. \quad (2.2)$$

Для приближенных расчетов коэффициент k_2 определяют по табл. 2.4.

13. Траектории движения плотов, судов определяют также одноточечным способом. Участок наблюдений должен охватывать по одному плесу и перекаату, примыкающему к переходу (выше и ниже его).

2.7. Измерение скоростей течения воды вертушками

1. Для измерения скоростей течений применяют вертушки, имеющие тарировочный паспорт. Наиболее пригодны гидрометрическая однооборотная вертушка ГР-99 для равнинных и полугорных рек с диапазоном измерения скоростей от 0,05 до 5 м/с, снабженная электромеханическим счетчиком, и малогабаритная вертушка ГР-55 для измерения скорости течения воды на горных реках и в гидротехнических сооружениях. Один электрический импульс в сигнальной цепи ГР-55 происходит через 20 оборотов лопастного винта.

2. Измерение скоростей вертушками можно выполнять во все периоды гидрологических фаз водотока сразу после окончания ледохода и до наступления межени. При летних паводках измерения желательно производить с момента начала подъема уровня.

Для полноты материалов измерения должны включать подъем, пик паводка и его спад до межени. Причем, измерения должны охватывать условия как протекания потока в бровках, так и при выходе воды на пойму.

С одного судна можно измерить в день скорости на 8—10 вертикалях.

3. Измерение вертушками скоростей по створу производят на заранее выбранных вертикалях. Если место положения вертикалей неизвестно, то измерительное плавсредство при измерении скоростей засекают любым из геодезических приемов с помощью теодолитов, светодалномеров и т. п.

4. Скорости течения на вертикали в зависимости от глубины потока измеряют пяти- (при глубине потока более 3 м), трех-, двух- и одноточечным способами.

Продолжительность измерений в каждой точке вертикали зависит от скорости течения.

При отnose троса течением для определения глубины потока длину подводной части троса следует умножать на косинус угла α отклонения троса от вертикали:

α°	15	20	25	30
$\text{Cos } \alpha$	0,97	0,94	0,91	0,87

5. Измерения скоростей на реках в устьевых участках, подверженных нагонам и приливо-отливным течениям, выполняют непрерывно в течение всего паводка, захватывая всю приливо-отливную фазу. Измерения на вертикали начинают с донной точки, а затем вертушку последовательно поднимают на точки, отстоящие друг от друга на $1/5$ глубины вертикали при самом низком уровне.

После окончания одного измерения вертушку снова опускают на дно и весь цикл повторяется снова. Работу начинают за 30 мин до наступления максимума прилива и заканчивают на 30 мин позднее наступления следующего максимума. Момент наступления максимума перемещается по времени суток, поэтому для правильной организации наблюдений нужно составить график ежедневного начала и конца наблюдений.

В зоне прилива—отлива, с учетом ветрового режима на данном участке, измеряют продольные уклоны водной поверхности по трем постам.

Для построения зависимостей расходов, скоростей и продольных уклонов водной поверхности от уровней, кроме наблюдений в районе перехода, организуют параллельные наблюдения на контрольном створе, расположенном вне зоны прилива или ветрового нагона воды. Может быть использован створ Госкомгидромета.

6. Во ВНИИ транспортного строительства в середине 80-х годов была разработана автоматизированная гидрометрическая измерительная система «АГИС», включающая электромагнитный скоростемер «Зонд». В этой системе результаты измерений запи-

сывались на батиграммную ленту профилографа в автоматическом режиме при движении судна [38]. В связи с прекращением выпуска скоростемеров указанная технология не может быть использована.

2.8. Камеральная обработка измерений расходов и уровней воды

1. Среднюю скорость на вертикали вычисляют по формулам при способах:

а) пятиточечным:

$$U_{\text{ср}} = 0,1 \cdot (U_{\text{пов}} + 3U_{0,2h} + 3U_{0,6} + 2U_{0,8h} + U_{\text{дон}});$$

б) трехточечным:

$$U_{\text{ср}} = 0,25 \cdot (U_{0,2} + 2U_{0,6h} + U_{0,8h});$$

в) двухточечным:

$$U_{\text{ср}} = \frac{U_{0,2h} + U_{0,8h}}{2};$$

г) одноточечным:

$$U_{\text{ср}} = U_{0,6h}$$

При измерении скорости в точке $0,2 h$:

$$U_{\text{ср}} \approx 0,9U_{0,2h}.$$

2. Для построения эпюры средних скоростей по ширине потока определяют средний рабочий уровень воды в период наблюдений (см. п. 2.6).

При изменении уровня за время наблюдений менее $0,10$ м отметку среднего рабочего уровня $H_{\text{раб}}$ вычисляют как среднеарифметическое из отметок уровней начала и конца наблюдений.

При бóльшем изменении уровня отметку рабочего уровня определяют по формуле

$$H_{\text{раб}} = \frac{q_1H_1 + q_2H_2 + \dots + q_nH_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n},$$

где $H_1, H_2 \dots H_n$ —отметки уровней, соответствующие времени работы на каждой вертикали; $q_1, q_2 \dots q_n$ —элементарные расходы на вертикалях, соответствующие отметкам $H_1, H_2, \dots H_n$.

3. Эпюру расходов на вертикали строят по ординатам, вычисленным для каждой вертикали по формуле

$$q = U_{\text{ср}} h \cos \alpha,$$

где $U_{\text{ср}}$ —средняя скорость; h —глубина, вычисляемая от рабочего уровня; α —угол отклонения струй от нормали к створу, учитываемый при $\alpha \geq 6^\circ$.

Значения q вычисляют для точек переломов профиля живого сечения реки по створу.

4. Расход по створу определяют планиметрированием фигуры, ограниченной линией расходов на вертикалях и линий среднего рабочего уровня.

5. Масштабы живых сечений и эпюр принимают:

а) горизонтальных расстояний $1 : 500$ — $1 : 10000$;

- б) глубин 1 : 50—1 : 500;
- в) скоростей в 1 см—0,1÷0,5 м/сек;
- г) расход на вертикали в 1 см—0,5÷2,0 м²/сек.

6. При оформлении материалов гидрометрических наблюдений приводят характерные эпюры при УВВ, при уровне начала работы пойм и при межени.

7. Точность гидрометрических измерений определяют согласно указаниям [14].

8. При обработке вертушечных наблюдений на устьевых участках рек, подверженных действию приливов, для каждой точки на вертикали строят график хода скоростей по фазам прилива—отлива.

С графиков хода скоростей по фазам прилива—отлива снимают значения скоростей в каждой точке вертикали отдельно для каждого часа, считая от момента максимума прилива. По этим данным для каждого часа в период наблюдений по всем вертикалям вычисляют средние скорости по формуле

$$U_{\text{ср}} = \frac{1}{2(n-1)} (U_1 + 2U_2 + \dots + 2U_{n-1} + U_n),$$

где U_1, U_2, \dots, U_n —значения скоростей в точках вертикали, считая от дна (так как интервал между точками сохраняется постоянный, то число точек меняется в зависимости от уровней).

По вычисленным средним скоростям на вертикалях строят отдельно для каждого часа наблюдения эпюры $U_{\text{ср}}$ (рис. 2.3, а) и вычисляют полные расходы согласно указаниям п. 11 и 12.

9. По вычисленным для каждого часа полным расходам строят кривую хода расходов по фазам прилива—отлива (рис. 2.3, б). Площади фигур, ограниченные линией хода расходов и линией времени, равны объемам стока соответственно за фазу отлива $W_{\text{отл}}$ и фазу прилива $W_{\text{пр}}$.

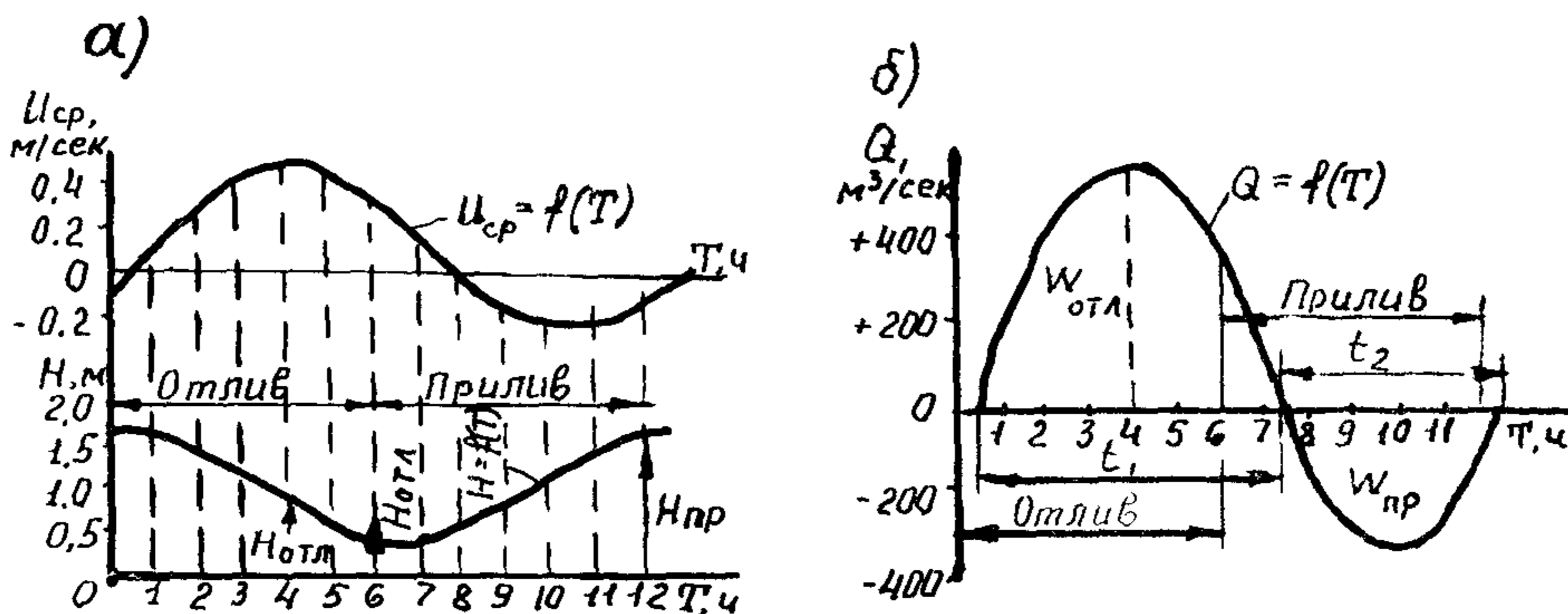


Рис. 2.3. Изменение гидрологических характеристик реки за приливно-отливной цикл:

а—кривые хода уровней и скоростей на вертикали по фазам прилива и отлива, б—кривая хода полных расходов воды по фазам прилива и отлива

Объем речного стока $W_{\text{реч}}$ за весь приливно-отливной цикл:

$$W_{\text{реч}} = W_{\text{отл}} - W_{\text{пр}}$$

Средний за приливно-отливной цикл расход воды:

$$Q_{\text{реч}} = W_{\text{реч}} / (t_1 + t_2),$$

где t_1 и t_2 —продолжительность течения одного знака (см рис 23, б)

Наибольший расход воды $Q_{\text{мах}}$ за приливно-отливной цикл наблюдается во время отлива при уровне $H_{\text{отл}}$.

Разность $\Delta Q = Q_{\text{мах}} - Q_{\text{реч}}$ переменна по времени как за период лунного месяца, так и за период паводка. Поэтому для определения расчетных значений Q исследуют и экстраполируют зависимости:

$$Q_{\text{реч}} = f\left(\frac{H_{\text{пр}} + H_{\text{отл}}}{2}\right),$$

$$Q_{\text{мах}} = f(H_{\text{отл}}),$$

$$\Delta Q = f\left(\frac{H_{\text{пр}} + H_{\text{отл}}}{2}\right).$$

10. По результатам измерений вертушкой и поплавками с использованием данных наблюдений по ближайшему гидрометрическому створу строят зависимости расхода от уровня воды $Q = f(H_y)$, а также зависимости других гидрологических элементов: $\omega, v, t = f(H_y)$.

Вследствие изменчивости уклона и живого сечения в различные гидрологические фазы точки расходов, нанесенные на график, имеют разброс и зависимость $Q = f(H_y)$ является лишь осреднением истинной зависимости $Q = f(H_y, i, n)$.

Тесная связь между уровнями и расходами воды получается при устойчивом русле реки, постоянном уклоне, когда разброс точек на графике обуславливается только ошибками измерений (рис 2.4, а).

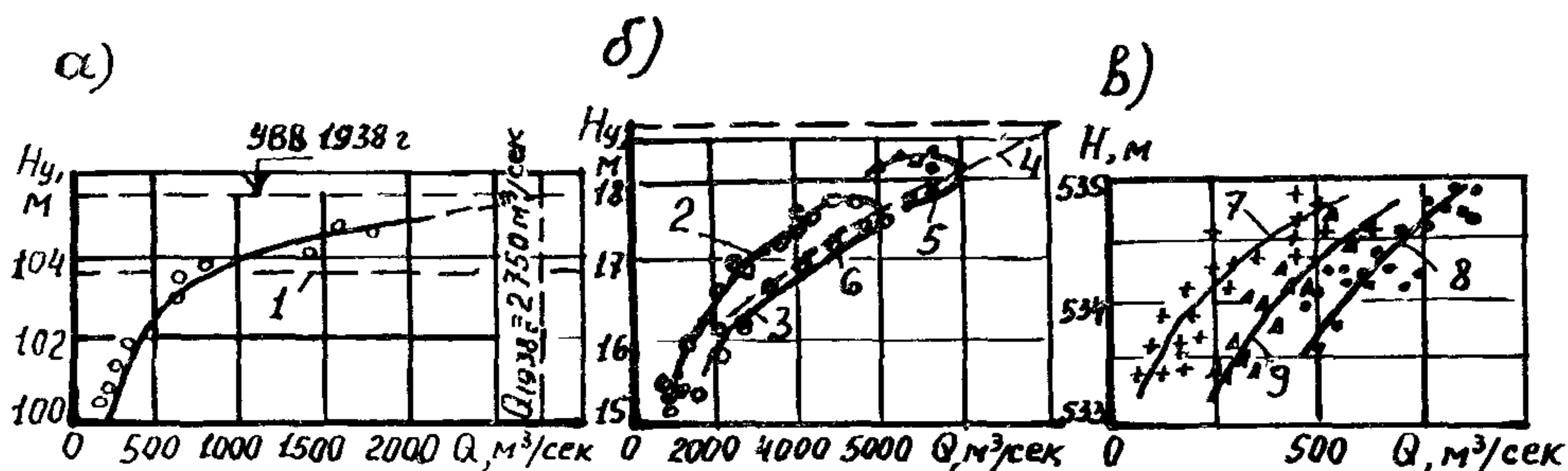


Рис 24 Зависимости $Q = f(H)$

а—при устойчивом русле и постоянном уклоне, б—с ветвями подъема и спада, в—временные зависимости $Q = f(H)$ при неустойчивом русле 1—уровень выхода воды на пойму 2—спад, 3—подъем, 4—экстраполяция петель 5—наблюдения 1983 г 6—наблюдения 1988 г, 7—кривая 1985 г, 8—кривая 1987 г, 9—кривая 1990 г

Вследствие изменчивости уклона по фазам паводка расходы воды на подъеме больше расходов на спаде при том же уровне. Зависимость $Q=f(H_y)$ в этом случае экстраполируют по вершинам петель (см. рис. 2.4, б).

При построении зависимостей $Q=f(H_y)$ для рек с неустойчивым руслом разброс точек оказывается значительным и по ним можно провести только приближенные зависимости (см. рис. 2.4, в).

11. При расположении гидроствора на устойчивом участке русла строят графически зависимости $Q=f(H_y)$; $\omega=f(H_y)$; $v_{\text{ср}}=f(H_y)$ отдельно для русла, пойм, крупных проток и отдельно экстраполируют их для определения расчетных значений расхода и средней скорости.

При экстраполяции кривой $v=f(H_y)$ следует учитывать, что при выходе воды на пойму [14] скорости в русле уменьшаются, а затем постепенно увеличиваются. Кривые $\omega=f(H_y)$ проводят по вычисленным точкам. Кривые $v=f(H_y)$ экстраполируют графически или при помощи построения двух вспомогательных графиков $i=f(H_y)$, $n=f(H_y)$ и вычисления значений $v_{\text{ср}}=\frac{1}{n}H^{2/3}\sqrt{i}$.

Значение Q для экстраполированной части кривых $Q=f(H_y)$ вычисляют как $Q=\omega v_{\text{ср}}$. Значения Q по участкам гидроствора суммируют и строят кривую суммарных расходов воды $Q=f(H_y)$.

В сложных случаях (наличие обширных пойм и спрямляющих течений на излучинах русла, вызывающих поперечный водообмен между руслом и поймами) экстраполяцию указанных зависимостей выполняют согласно [52].

Точность определения расхода воды при измерении скоростей вертушкой может быть достигнута $\pm 3-5\%$, а снятого с кривой $Q=f(H_y)$ $\pm 10-20\%$ от истинного значения в зависимости от амплитуды экстраполяции.

12. Для гидроствора в зоне переменного подпора расход является функцией уровня воды и уклона ее поверхности $Q=f(H_y)$.

Для получения более тесной связи расходов и уровней вместо зависимости $Q=f(H_y)$ используют зависимость модулей расхода от уровня $\frac{Q}{\sqrt{i}}=f(H_y)$, которую экстраполируют до требуемого уровня.

Одновременно строят график $i=f(H_y)$, с которого снимают значения i . Расчетные расходы получают умножением $\frac{Q}{\sqrt{i}}$ на \sqrt{i} . При подпоре максимальный расход не соответствует максимальному уровню воды. Для получения максимального расхода и соответствующего ему уровня при помощи зависимостей $\frac{Q}{\sqrt{i}}=f(H_y)$ и $i=f(H_y)$ строят график $Q=f(H_y)$, который имеет петлеобразную форму.

13. На реках с неустойчивым руслом паводки сопровождаются размывами дна и заносами его, вследствие чего нарушается связь урсовой с расходами. В этом случае строят зависимость расходов от средних глубин $Q=f(H)$. Отметки среднего дна $H_{\text{дна}}$ вычисляют для каждого наблюдения по формуле:

$$H_{\text{дна}} = H_y - H,$$

после чего строят зависимость $H_{\text{дна}}=f(Q)$. Так как расчетные значения H_y и Q неизвестны, то расчетное значение Q должно быть определено независимо по створу, расположенному на устойчивом участке реки. По известному Q на основании вышеприведенных зависимостей находят расчетные значения H , $H_{\text{дна}}$ и H_y .

Для каждого наблюдения вычисляют значения $\alpha_n = \frac{h_{\text{max}}}{H}$, где h_{max} — максимальная глубина в сечении. По вычисленным значениям α_n строят зависимость $\alpha_n=f(H)$, или $\alpha_n=f(Q)$. По указанным зависимостям находят расчетное значение h_{max} , а наимизшую отметку дна $H_{\text{низ}}$ определяют по формуле

$$H_{\text{низ}} = H_y - h_{\text{max}}.$$

2.9. Ледовые явления

1. Наблюдения за ледовыми явлениями в районе перехода выполняются ежедневно в течение всего срока существования на водотоке ледовых образований. В случае быстрого изменения ледовой обстановки, возможности неблагоприятного воздействия заторно-зажорных явлений на проектируемые инженерные сооружения наблюдения ведутся круглосуточно как в зоне перехода, так, при необходимости, за ее пределами.

2. В зоне мостового перехода выполняют ледемерную съемку, зимние маршрутные обследования реки и фиксируют: даты появления ледяного сала, внутриводного льда, снежуры, заберегов, шуги, ледохода, ледостава в период замерзания, наличие полыней, трещин, наледей в период ледостава; появления закраин, подвижек льда, ледохода и очищения реки от льда в период вскрытия; размеры и скорости движения льдин, а также характер покрытия льдом поверхности реки при ледоходе; толщина льда при ледоставе и ледоходе; характеристики заторно-зажорных явлений.

Описание ледовых образований и явлений в речных водотоках приведено в прил. 2.1.

Изменение ледовой обстановки за один характерный период (например, от первой подвижки до начала ледохода) желательно наносить на заранее заготовленный схематический план участка наблюдения. За весь срок наблюдений может быть получено до 20—25 схем, полностью характеризующих ледовые явления в районе перехода.

3. Толщины ледяных полей определяют визуально по их высоте над поверхностью воды, которая составляет 0,1 всей толщины льдины. Толщина льдин, остановившихся у берега, может быть измерена непосредственно.

Размеры льдин определяют визуально; скорость их движения— с использованием секундомера и предварительно размеченных створов. Измерение времени прохождения льдинами известного расстояния между створами многократно повторяют. По вычисленным значениям находят среднюю скорость льдин.

4. Если заторно-зажорные явления регулярны и могут оказать значительное влияние на эксплуатацию мостового перехода, работа гидрологического поста организуется по специальной программе с учетом рекомендаций, изложенных в [43].

5. Результаты наблюдений за заторно-зажорными явлениями оформляются в виде таблиц, графиков и схем. Для облегчения анализа строятся совмещенные хронологические графики уровня воды, толщины льда, высоты снега на льду, температуры воздуха и слоя выпавших осадков.

6. Количественные характеристики и даты наступления отдельных ледовых явлений (средние, экстремальные, ранние, поздние) устанавливаются на основании многолетних наблюдений по сведениям постов Госкомгидромета, публикуемых в «Гидрологических ежегодниках» и «Каталоге заторных и зажорных рек СССР».

7. На водотоках с наледями, кроме работ по изысканиям переходов в обычных условиях, производятся специальные мерзлотно-геологические, гидрологические и геофизические исследования, необходимые для прогноза наледного процесса и проектирования противоналедных мероприятий [10].

Исследования проводятся в три этапа: 1) на стадии технико-экономического обоснования; 2) на стадии проекта; 3) на стадии рабочей документации.

Работы по исследованию водотоков с наледями производятся в общем комплексе работ по изысканиям мостового перехода. Однако материалы полевых работ могут не дать всех необходимых данных для прогноза наледного процесса, так как последний развивается в зимнее время. Поэтому после технических изысканий необходимо производить дополнительные зимние трехразовые обследования водотоков и наблюдения за развитием наледного процесса.

Первые обследования производятся осенью (в октябре—ноябре) с наступлением холодов и появлением кромки льда, когда малые водотоки при отсутствии ледового и снежного покрова испытывают максимальное охлаждение.

Второе обследование проводится в декабре—январе, когда окончательно формируются и заканчивают свое развитие наледи временных поверхностных водотоков.

Третье обследование необходимо произвести в период максимального развития крупных наледей—в апреле.

Чтобы полнее выявить особенности развития наледного процесса, трехразовые осенне-зимние обследования целесообразно выполнять ежегодно до составления рабочей документации или в течение трех лет. На больших и опасных наледях в периоды осенне-

зимних обследований необходимо производить ледемерные съемки, для чего устанавливаются ледемерные вехи.

8. На стадии ТЭО по литературным данным и фондовым материалам изучают геологию, геоморфологию, геокриологию, гидрологию, климат и другие особенности мостового перехода. По климатическим справочникам собирают сведения о температуре воздуха, жидких осадках, толщине снежного покрова, характеристике ветров, сезонном промерзании грунтов. Производят аэровизуальное обследование и аэрофотосъемки перехода с вертолета. Это целесообразно делать в апреле—начале мая после схода снежного покрова, когда наледи хорошо видны и могут быть определены визуально и по аэроснимкам.

На основе собранных сведений дают технико-экономическое обоснование выбора места мостового перехода и составляют программу полевых работ на период изысканий для составления проекта.

9. В период изысканий на водотоках с наледями производят:

а) определение местонахождения наледи, ее размеров, источника питания и генетического типа;

б) инженерно-геологическое, гидрологическое и геофизическое исследование водотока, топографическая и мерзлотно-геологическая съемки в масштабе 1 : 1000—1 : 5000;

в) тщательные обследования и описание морфологии русла и пойм водотока, террас и склонов долины, растительности, микро-рельефа, заболоченности и следов образования больших наледей в прошлые годы;

г) определение глубины и очертания поверхности многолетней мерзлоты или другого водоупора под руслом и поймами по оси перехода и на стесненном участке (перекатах), мощности и состава аллювия, ширины фильтрационной зоны;

д) разбивка створов и составление профилей живых сечений, кроме оси перехода, на стесненном участке, определение осеннего уровня речных и грунтовых вод, продольного уклона, подробное описание стесненного участка;

е) наблюдения за образованием ледяного покрова, внутриводного и донного льда, возникновением и развитием наледи и наледных бугров; описание местонахождения, формы и размеров наледных бугров, расположения полыней и их связи с субаквальными источниками подземных вод, фотографирование и составление эскизов бугров и особенностей образования наледи;

ж) определение толщины снегового покрова на льду русла, поймах и склонах, глубины сезонного промерзания грунта, характеристики ветров и их направление;

з) определение причины образования наледи и ее возможного вредного воздействия на сооружение.

10. К периоду летних полевых работ наледь на реке может растаять. В этом случае место ее образования и размеры определяются по наледной поляне—участку земной поверхности, резко отличающемуся от окружающего ландшафта по морфологии

и строению. Это обычно безлесные или покрытые низкорослым редким кустарником относительно ровные участки, сложенные гравийно-галечниковым грунтом. Они расположены на участках русла и низких поймах, в местах резкого изменения продольного и поперечного профилей долины, у перекатов, порогов, на отмелях, где русло расширяется и расчленяется на многочисленные протоки.

Характерным признаком мест образования наледей являются налеты солей, которые образуются после таяния наледного льда на деревьях, кустарниках и камнях наледного ложа.

По периферии наледей встречаются полосы сухих деревьев, повреждения коры. Одним из признаков границы распространения наледи может служить разница в вегетации травяного и кустарникового покрова.

Сведения о местах образования наледей и особенностях их развития собирают также у местных охотников, рыбаков, оленеводов и старожилов.

11. Производят тщательное исследование подземных источников, питающих наледь. Определяют местонахождение и тип источника, приуроченность к определенным водоносным комплексам, литологический состав, степень выветрелости и трещиноватости пород, границы распространения мерзлых пород и расположение талика, вид подземных вод, дебит источника и его режим, температуру, физические свойства и химический состав воды.

Субаквальные источники выявляют зимой после прекращения поверхностного стока.

12. На водотоках с большими и опасными наледями производят ледомерные съемки в периоды после технических изысканий в апреле, когда наледи достигают максимального развития. Для этого осенью производят топографическую съемку ложа наледной поляны и устанавливают ледомерные вехи в виде сетки по линиям продольных и поперечных профилей. Все вехи нумеруют и через 1,0 м на них делают деления (засечки), по которым легко определяется мощность наледи.

Средняя мощность наледи на наледной поляне при равных расстояниях между вехами может быть определена приближенно по формуле

$$z_{н.ср} = \sum_{i=1}^k z_i / k,$$

где z_i —толщина льда у i -й ледомерной вехи; k —количество ледомерных вех по всей площади наледи

Объем наледи определяется по формуле

$$W_n = z_{н.ср} F_n,$$

где F_n —площадь наледи, определяемая по чертежу плана наледи

13. Обследование наледей на стадии составления рабочей документации производят в случаях, когда при проектировании противоналедных сооружений и устройств требуется уточнить распо-

ложение этих сооружений и сделать дополнительные съемки, если при зимних трех разовых обследованиях эти данные не получены.

Б. Аэрогидрометрические работы (дистанционный метод)

2.10. Организация аэрогидрометрических работ

1. Аэрогидрометрические работы позволяют в короткий срок получить весь комплекс гидрологических характеристик рек, необходимых для проектирования мостовых переходов, и включают получение:

скоростей и глубин потока на вертикалях;

профили живых сечений русла;

расход воды в реке на момент проведения работ и распределение расхода между морфологически однородными участками (руслом, поймами);

ледовые явления (очаги и размеры заторов, размеры и движение льдин и т. д.);

плановые и ситуационные особенности речной долины и русла (форма и размеры меандров, положение прорв и намечаемых спрямлений русел).

Относительно высокая стоимость, сложная организация работ, а также недостаток в квалифицированных кадрах тормозит широкое использование аэрогидрометрических работ.

Наиболее эффективно применение аэрогидрометрических работ при изысканиях мостовых переходов через крупные малоизученные реки и использовании этого метода изысканий для всех переходов на трассе проектируемой дороги.

Аэрогидрометрические работы следует выполнять во время прохождения паводка, чтобы получить план течений, близкий к расчетным условиям. В этот период также из-за повышенной мутности потока, несущего наносы, не требуется дополнительного маркирования водной поверхности.

2. При организации аэрогидрометрии первоочередным вопросом, который определяет последующую технологию работ, является выбор летательного аппарата. При этом обычно возникают два варианта.

Первый—использование летательного аппарата, специально оборудованного для аэрфотосъемочных работ и снабженного серийным комплектом аэрфотосъемочного оборудования. В состав экипажа такого летательного аппарата входят штурман-аэрфотосъемщик и бортоператор.

Специфика аэрогидрометрических работ требует определенной психологической переориентации экипажа аэрфотосъемочного летательного аппарата в части требований к метеоусловиям, высотам полета, технике захода на съемочные объекты. Успех в работе определяет детальная программа аэрогидрометрических работ, выдаваемая штурману-аэрфотосъемщику. Однако в заранее составленной рабочей программе на аэрогидрометрические работы не всегда возможно предусмотреть особенности полевой гидрологи-

ческой и метеорологической ситуации и поэтому на борту необходимо присутствие инженера-гидролога.

Второй—использование обычного грузового летательного аппарата и быстрое переоборудование этого летательного аппарата для целей аэрогидрометрии. В этом случае обязанности штурмана-аэрофотосъемщика выполняет непосредственно инженер-гидролог, а обслуживание аэрокамеры—бортоператор.

На инженера-гидролога возлагается вся ответственность за выбор направления полета, высоту съемки, периодичность выполнения залетов, т. е. за качество летной работы, которое определяет конечный результат аэрогидрометрии.

3. Выбор вариантов аэрогидрометрических работ делают на основе сравнения стоимости летного часа летательного аппарата и его полетных скоростных характеристик, а также возможности выполнения аэрофотосъемочных работ на высотах от 200 до 2500 м.

Скоростная характеристика летательного аппарата влияет на качественное обеспечение аэрофотосъемочного материала. Чем меньше путевая скорость летательного аппарата, тем выше измерительные качества полученных негативов. Последнее качество особенно важно при определении количественных гидрологических характеристик водотоков района изысканий.

4. Технологическая схема аэрогидрометрических изысканий мостовых переходов содержит следующие элементы: подготовительный, полевой и камеральный.

5. В подготовительный период осуществляют сбор, изучение и обработку инженерно-геодезических, климатических, гидрологических, инженерно-геологических и других материалов, характеризующих природные условия района изысканий; отбор по топографическим картам масштаба 1 : 100000 или крупнее конкурентоспособных вариантов створов больших переходов и трассы подходов к ним и установление зон варьирования; выбор фокусного расстояния аэрофотоаппарата (f_k) в зависимости от рациональной по метеорологическим условиям высоты фотографирования (H) и масштаба аэроснимков (1 : M) размером 18×18 см при ширине реки в паводок (B); составление и соответствующее согласование программы изыскательских работ и сметы на работу; согласование производства изыскательских работ; оформление договорных отношений с заказчиком; составление проекта залетов маршрутной аэрофотосъемки; заключение договоров на производство летно-съемочных работ; обслуживание транспортной авиацией и, при необходимости, водным транспортом; изучение гидрографов рек в зоне створов, на которых должны быть выполнены аэрогидрометрические изыскания; формирование гидрометрических отрядов; аренда баз; обтор инструментов и лагерного снаряжения; комиссия проверка знаний ИТР правил техники безопасности на изысканиях; при необходимости, производство противоэнцефалитных прививок; проверка в органах Госкомгидромета ожидаемых дат наступления паводка; проверка состояния и отправка на поле-

вые работы инструментов, оборудования и снаряжения и выезд на полевые работы гидрометрических отрядов.

6. В полевой период производится регистрация гидрометрических работ в местном Совете и территориальных органах республиканского Минречфлота; инструктаж рабочих по правилам техники безопасности на изыскательских работах; аэровизуальное обследование вариантов створов переходов, подлежащих изучению, с целью уточнения положения створов; разбивка и нивелирование тарировочного базиса; тарирование приборов; установка аэрофото-съемочной аппаратуры на борт летательного аппарата; изготовление съемной створки вертолетного люка в случае производства работ на вертолете; производство гидрометрической маршрутной аэрофотосъемки мелкого и среднего масштабов участков рек, включающих обследуемые варианты. Съемка должна производиться в начале подвижки льда, на подъеме, пике, спаде паводка и в межень. При этом намечают три залета среднего масштаба на одну дату: два против течения и один по течению реки или наоборот. В те же периоды производят и нивелирование береговых частей живых сечений, установку и синхронизацию измерительных приборов, пробные рейсы транспортного средства с целью проверки исправного монтажа измерительных приборов; установку щитов на поперечниках (для створов длиной более 1000 м), параллельных створу; нивелирование промерных поперечников.

7. В камеральный период производят стереофотограмметрическую обработку материалов аэрогидрометрических работ и измерение глубин в районах проектируемых мостовых переходов.

2.11. Линейные аэрогидрометрические изыскания

1. До начала полетов необходимо детально изучить по картам М 1:100000 положение трассы и районов мостовых переходов. Делаются выкопировки проектируемой линии мостового перехода, особо отмечают все местные ориентиры в районе оси моста и направление течения водотока. Такая выкопировка будет необходима при последующей камеральной обработке аэрофотосъемочных материалов.

2. При подготовке технологической схемы очередности залетов следует учитывать метеорологические условия. Для аэрогидрометрических измерений наиболее благоприятно производство аэрофотосъемки при наличии сплошной высокой облачности.

При значительном протяжении трассы в меридиальном направлении начало работ планируют в направлении с юга на север, следуя за фазами гидрологического режима.

3. Для получения площади малых бассейнов слаборельефной местности в областях высоких широт аэрофотосъемку в масштабе 1:10000—1:20000 следует выполнять в мае при сходе снежного покрова не менее чем с 50% снимаемой территории. В этом случае на аэроснимках наиболее полно отображается мелкая гидрографическая сеть, которая легко дешифрируется по возвышенным местам, освобожденным от снега. В тех же масштабах, но после прохождения паводка, выполняют аэрофотосъемку навалов льда

на излучинах рек и места наледей, которые сохраняются до середины—конца июня.

4. Для отождествления местоположения и правильности производства аэрогидрометрических измерений по вариантам переходов, намеченных по картам М 1 : 100000, выполняют мелкомасштабную аэрофотосъемку (обычно в М 1 : 10000—1 : 20000).

Мелкомасштабная аэросъемка (каркасная) служит промежуточным звеном при уточнении положения мостовых переходов при аэрогидрометрических измерениях, которые производят при масштабах 1 : 500—1 : 300.

По каркасным мелкомасштабным аэрофотоснимкам оценивают процессы переформирования русла, определяют места заторов льда и другие характерные русловые явления. Каркасные маршруты особенно ценно выполнить в период прохождения ледохода или через некоторый промежуток времени после прохождения льда. На крупномасштабных аэрофотоснимках определяют количественные показатели процессов деформаций в случаях, если таковые будут установлены при анализе материалов мелкомасштабной аэрофотосъемки.

Если русло сильно меандрирует, то прокладывают параллельные маршруты или последовательные маршруты располагают под некоторым углом с расчетом получить непрерывное изображение реки на аэроснимках в границах изучаемого района перехода.

5. При расчете общего времени для выполнения всего объема аэрогидрометрических работ Σt учитывают время полета до самого удаленного от аэродрома базирования района работ t_{\max} , время на производство мелкомасштабных каркасных маршрутов t_k и время аэрогидрометрических наблюдений. Последнее, как правило, не занимает более 0,5 ч на один мостовой переход. Тогда:

$$\Sigma t = n(2t_{\max} + 0,5) + t_k,$$

где n —число вылетов.

Общий срок выполнения аэрогидрометрических работ задается гидрологическим циклом, который определяется для северных и средних широт в весенний период—половодьем; в летний период—паводком для южных районов, примыкающих к горным районам с ледниковым питанием; в летне-осенний—дождевым паводком в регионах с муссонным климатом.

6. Для освещения полного цикла гидрологического режима на мостовом переходе должны быть выполнены: одна-две съемки ледового режима; одна-две съемки подъема воды в русле; два-три наблюдения в период максимального наполнения поймы; одно наблюдение на спаде воды.

Таким образом, требуется от 5 до 8 полетов над районом перехода, чтобы полностью охватить все фазы паводка.

Время между датами аэрофотосъемок уточняют по конкретным наблюдениям водпостов на реках. В среднем для прослеживания всех фаз режима рек северной и средней широт требуется 40—50 суток.

7. При выборе самолетов предпочтение следует отдавать летательным аппаратам, имеющим возможность выполнять полет на сравнительно небольшой скорости (180—200 км/ч) и хорошие взлетно-посадочные данные (700—1000 м при посадочной скорости около 80 км/ч). Такими данными обладает одномоторный биплан АН-2, который со временем будет заменен однотипным АН-3.

Стоимость аэрогидрометрических работ в значительной мере определяется типом летательного аппарата. Наиболее экономичным представляется использование транспортного вертолета типа МИ-8 или легких бипланов типа АН-2 (АН-3).

Применение самолетов типа ИЛ-14 для целей аэрогидрометрии ограничено из-за значительной стоимости его эксплуатации и экономически оправдано при большом радиусе действия.

8. При выборе аэрофотоаппарата (АФА) следует иметь в виду, что короткофокусные (50 мм) позволяют производить работы в неблагоприятных климатических условиях (частая низкая облачность), но имеют более ограниченную полезную площадь снимка.

Наибольшим распространением пользуется аэросъемочная камера с фокусом 100 мм. Однако при аэроснимках переходов шириной 1,5—2,0 км и более для производства аэрогидрометрических работ требуется высокая облачность, которая наблюдается реже, чем низкая. Это ограничивает применение широкофокусной аэрофотоаппаратуры.

9. При аэрогидрометрических работах возможны два принципиально различных способа определения расходов воды в водотоке: с применением сосудов-индикаторов; с использованием стереоскопического эффекта.

Метод с использованием стереоскопического эффекта получаемых снимков желательнее применять при подъеме уровня воды и на пике паводка, когда водный поток несет на поверхности естественные маркирующие предметы (пену, коряги, щепу и др.). Он в свою очередь подразделяется на два способа: первый включает определение расхода воды только дистанционным методом и используется на реках с шириной русла не менее 200 м; второй — с одновременным или отдельным выполнением гидрометрических работ (контактным методом) при аэрофотосъемке района перехода с вертолета. Последний способ применяют на всех реках без ограничения ширины русел.

10. Аэрометод с применением сосудов-индикаторов наиболее простой. С самолета на небольшой высоте (200—250 м) равномерно сбрасывают поперек водотока вдоль створа достаточное количество сосудов-устройств с маркирующей жидкостью, а затем набрав высоту — выполняют 2—3 полета с расчетом изображения обоих берегов на аэрофотоснимке по и против течения с фотографированием следов выхода индикатора на поверхность воды при минимальном интервале аэрофотосъемки (90% перекрытия кадров).

Достигнув дна водотока, устройство выпускает жидкость-индикатор. Величина сноса жидкости при выходе ее на поверхность

l зависит от удельного расхода воды q . Опытным путем получено $q = 0,135l$

Аэрометод определения расхода воды с использованием глубинных поплавков-интеграторов не получил применения в практике гидрологических изысканий.

Его применение ограничивается также тем, что в качестве специальной жидкости-индикатора используют различные масла, отработанный керосин и другие красители, которые загрязняют реку.

11. Первый способ, основанный на использовании стереоскопического эффекта, требует применения статоскопа и радиовысотомера при выполнении аэрофотосъемки водной поверхности и использования фотограмметрических измерений поверхностных скоростей течения воды, получаемых по аэрофотоснимкам с последующим переходом к средним скоростям на каждой из выбранных вертикалей.

Фотографирование водной поверхности должно выполняться с самолета или вертолета при условии четкого отображения водной поверхности (с возможностью стереоскопического просматривания отдельных струй потока).

При этом способе часто применяют маркирование водной поверхности.

Поверхностные скорости находят в результате стереоскопических измерений аэроснимков.

12. Во втором способе, основанном на использовании стереоскопического эффекта снимков, аэрофотосъемочные материалы, получаемые в результате аэрофотосъемки района мостового перехода с вертолета для отображения ситуации по створу проектируемого моста, являются плановой основой для контактных гидрометрических измерений.

Аэрометод дополняют паводочными измерениями глубин, выполняемыми по промерным поперечникам, намеченным по контактным отпечаткам района мостового перехода. Наземные измерения должны выполняться по современной технологии с использованием электронной аппаратуры.

Метод не требует установки на борт вертолета радиовысотомера и статоскопа.

2.12 Камеральная обработка аэрофотоснимков

1. Качество аэрофотосъемочных работ обеспечивается при выполнении аэрогидрометрии специализированными подразделениями министерства гражданской авиации согласно требованиям «Инструкции по производству аэрофототопографических работ при изыскании железных дорог» (ГКИНП-02-172—83).

При выполнении аэрогидрометрических работ подразделением проектно-изыскательского института ответственность за качество аэрофотосъемочных материалов несет это подразделение.

2. Оценку качества результатов залетов и химико-фотографическую обработку пленок производят по негативам и накидному монтажу.

Накидной монтаж снабжают пояснительной подписью буквенного и цифрового индексов вариантов мостовых переходов, которые были установлены при составлении рабочей программы аэрогидрометрии.

3. В комплект аэрофотосъемочных материалов, передаваемых в камеральную обработку, должны входить: аэронегативы на рулонной пленке, контактные отпечатки (аэроснимки) 2 экз., репродукции накидного монтажа с паспортными данными (2 экз.), негативы репродукции накидного монтажа, паспорт АФА.

В отдельных случаях—пленки регистрации показаний статоскопа и радиовысотомера.

4. На основе аэрофотосъемочных материалов при камеральной обработке получают планы поверхностных скоростей течений и рельеф русла и пойм реки в районе мостового перехода, а также устанавливают данные, характеризующие типы руслового процесса; характер прохождения ледохода и места частых заторов льда.

5. Поверхностные скорости на участке реки в районе мостового перехода определяют в результате стереоскопических измерений.

Для получения плана поверхностных скоростей в изотахах следует использовать стереометры с широким стереоскопическим полем наблюдения в плоскости водной поверхности. К таким приборам относятся стереометр СТД-2 и выпускаемый Винницким заводом фотограмметрического оборудования стереомаркирующий стереоскоп СММ. В приборах с малым полем зрения (высокоточные стереофотограмметрические приборы) измерения относительных смещений кажущегося искривления стрежня водотока (как имеющего максимальные скорости течения) по отношению к урезам (нулевые скорости течения) выполнить нельзя.

Наблюдая стереопару с изображением водотока на приборе, имеющем широкое поле зрения, можно, в равной мере, получить тот кажущийся стереоэффект, на основе которого при стереоскопическом рассматривании пары снимков поверхность воды будет казаться выпуклой или вогнутой тем больше, чем больше скорость течения.

Используя это явление, смещение точек под воздействием течения измеряют стереофотограмметрическим способом с точностью $\pm 0,03—0,05$ мм в масштабе аэрофотосъемки.

В этом случае разности продольных параллаксов ΔP , измеренные вдоль направления течения, соответствуют величинам смещения точек поверхности воды в масштабе аэрофотоснимков.

6. При стереофотограмметрическом методе измерений значение поверхностной скорости течения v_i определяют по формуле:

$$v_i = \frac{\Delta P \cdot H}{\Delta t \cdot f_k}, \quad (2.3)$$

где $\Delta P = (P_i - P_0)$ —разность продольных параллаксов; P_i —отсчет, полученный при стереоскопическом наведении нити стереометра на поверхность воды, мм; P_0 —отсчет, соответствующий урезу воды в наблюдаемом створе, мм; Δt —интервал времени между моментами съемки стереопары.

Для контроля результатов измерений и повышения их точности поверхностные скорости в одних и тех же точках определяют по двум-трем перекрывающимся аэрофотоснимкам.

Расхождения между полученными по разным стереопарам значениям поверхностных скоростей не должны превышать $\pm 0,08$ — $0,10$ м/с.

Для рек, для которых известно значение коэффициента Шези C , коэффициент перехода k_2 от поверхностной к средней скорости определяют по формуле (2.2); при приближенных расчетах можно пользоваться табл. 2.4.

Для измерения значений поверхностных скоростей принимают стереопары с 60-процентным продольным перекрытием. Отметки урезов воды на всем участке в пределах стереопары считают равными. Для ориентирования необходимо на урезах наметить шесть точек (рис. 2.5). Взаимные углы наклона снимков не определяют. Линия центров (начальное направление) всегда располагается на водной поверхности.

7. Снимки в кассетах стереометра устанавливают так, чтобы их главные точки совпадали с центрами вращения кассет, а линия урезов была бы параллельная оси прибора.

Вращением снимков в своей плоскости добиваются появления стереоэффекта по всей площади стереопары.

Геодезическое ориентирование модели производят последовательными наблюдениями пар точек 1—2, 3—4, 5—6. Так как отметки этих точек считаются равными, при правильном геодезическом ориентировании модели отсчеты по винту продольных параллаксов должны быть равны между собой.

Ориентирование выполняют в несколько приемов и считают законченным, если отсчеты на всех шести урезных точках равны между собой с точностью $\pm 0,03$ мм.

8. На ориентированной модели определяют скорости течения в любой точке участка реки, который изображен на данной стереопаре, устанавливая на винте продольных параллаксов стереометра отсчет, равный

$$P_i = P_0 \pm \frac{\Delta t f_k}{H} v_i.$$

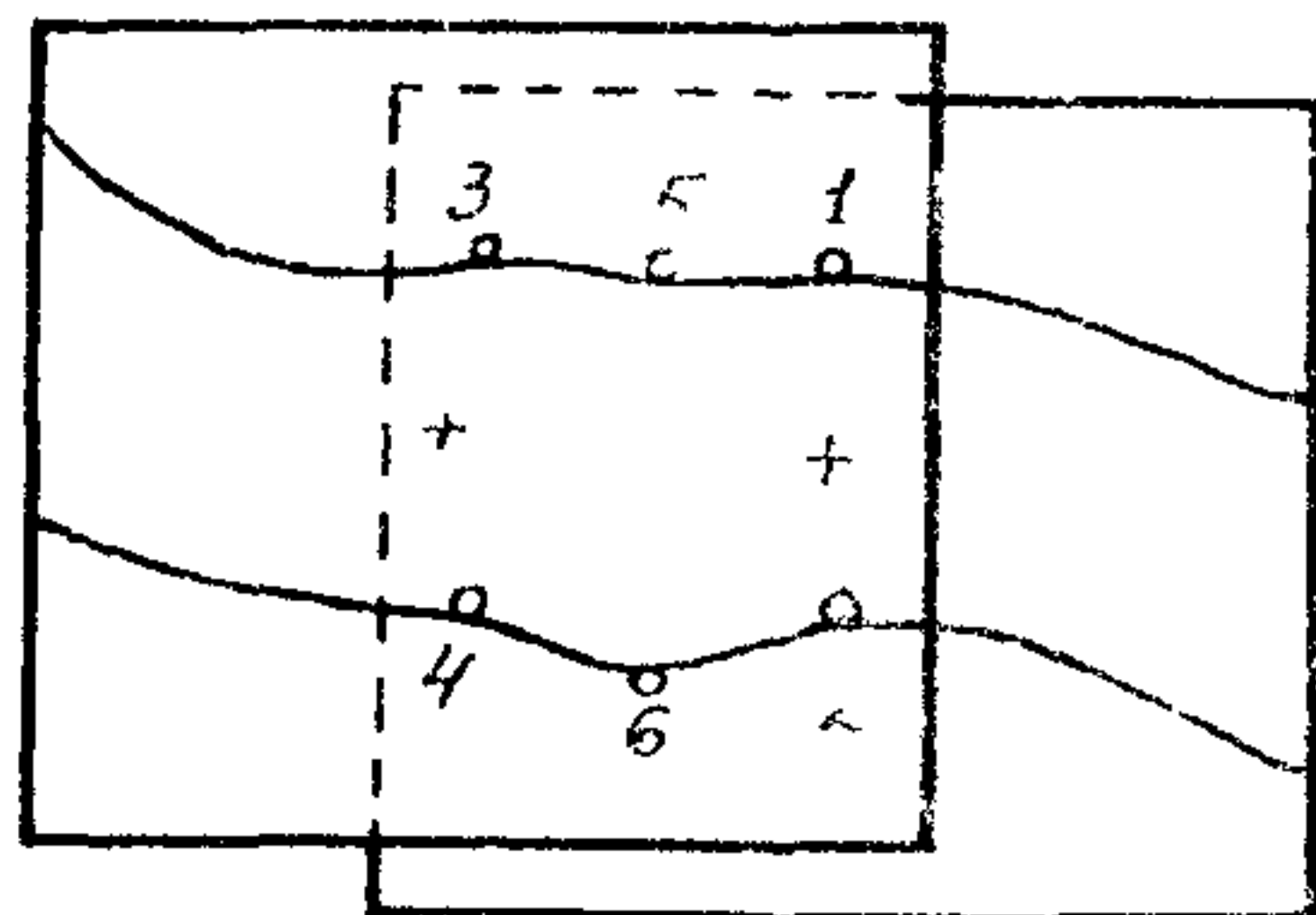


Рис 25 Расположение опорных точек для ориентирования стереопары

Перемещая снимки под нитью стереометра и последовательно отмечая точки, в которых пространственная нить касается водной поверхности водотока, получают местоположение изотакхи, соответствующей v_i .

9. Для вычисления расхода воды сначала измеряют на аэрофотоснимках (в центральной части последнего) расходные отрезки (удельные расходы).

Удельный расход на вертикали определяют по выражению:

$$q_i = k_2 v_i l,$$

где l —расходный отрезок, определяемый по расстоянию перемещения поплавка-индикатора

$$\text{Полный расход определяют как } Q = \frac{1}{2} [q_1 l_1 + (q_1 + q_2) l_2 + \dots + (q_{i-1} + q_i) l_i + \dots + q_n l_n],$$

где l_i —расстояние между скоростными вертикалями, причем Σl_i —полная длина створа, на котором определяют расход

10 При определении расходов по поплавкам-индикаторам глубины потока на промерных вертикалях могут быть получены с невысокой точностью по формуле

$$h_i = \frac{q_i}{k_2 v_i}.$$

11. Площади живых сечений, определяемые в автоматическом режиме, по времени могут не совпадать с датами аэрофотосъемки. Для расчета выполняют перерасчет живого сечения (ω) по формуле

$$\omega_{a/c} = \omega_{пр} \pm \Delta\omega,$$

где $\Delta\omega = \frac{(B_{пр} + B_{a/c}) \Delta h}{2}$, Δh —разность уровней в период между датой гидрометрических работ и датой аэрофотосъемки, $B_{пр}$ —длина поперечника во время гидрометрических работ, $B_{a/c}$ —длина поперечника на дату аэросъемки, $\Delta\omega$ —разность площадей живых сечений

Нахождение длины поперечников и определение местоположения промерных точек профиля на аэроснимках выполняют, определяя масштаб аэроснимка из соотношения $f_k/H = 1/M$, где M —знаменатель масштаба аэроснимка.

В полученные по аэроснимкам длины поперечников необходимо внести соответствующие поправки из-за положения уреза воды в различные даты. Для этого сумму домеров левого и правого берегов соответствующих поперечников вычитают из измеренных длин, если за период между аэросъемкой и гидрометрическими измерениями глубин, выполненными электронной аппаратурой, произошел спад уровня воды, и прибавляют, если отмечен подъем.

12. Для рисовки подводного рельефа в районе мостового перехода на аэрофотоснимке исправленные длины поперечников наносят на полоску миллиметровой бумаги в заданном масштабе. На ней же указывают положение левого уреза, концевой точки, опознанной на снимке, левого берегового ориентира, а также точек уреза и правого берегового ориентира, расположенных на створе поперечника.

На эту же миллиметровку переносят характерные отметки глубин подводного рельефа, которую ориентируют так, чтобы один из концевых ориентиров миллиметровки совмещался с соответствующей точкой аэрофотоснимка.

Край полосы с данными промера и скоростями течений и характерными точками поперечниками должен являться гипотенузой в прямоугольном треугольнике, две другие стороны которого образованы направлением промера на аэрофотоснимке и примерным направлением линии берегового уреза. Далее поворачивают миллиметровку таким образом, чтобы концевые ориентиры на аэрофотоснимке и на миллиметровке оставались совмещенными, и переносят все точки на аэроснимок. Выписывают против перенесенных точек отметки глубин и определяют площадь сечения (рис. 2.6).

Условные отметки уровня воды определяют относительно принятого начала высот, которое намечают на аэроснимке. Выбранная начальная точка должна легко опознаваться. Превышения относительно этой начальной точки устанавливают стереоскопическими измерениями стереопары.

13. Снимки ориентируют в стереомере таким образом, чтобы нить стереомера проходила в пределах 1—2 мм вблизи начальной точки, а отсчеты на оба уреза были с точностью 0,03 мм равны между собой. После этого измеряют разность продольных параллаксов (ΔP) между начальной точкой и урезом воды и вычисляют превышение по формуле

$$h = \frac{\Delta P H}{v + \Delta P}, \quad \text{где } v \text{ — базис}$$

Измерения выполняют не менее чем по двум стереопарам (разных маршрутов). Расхождения не должны превышать 1:3000 от высоты полета. За окончательное значение превышения принимают среднее арифметическое из измерений.

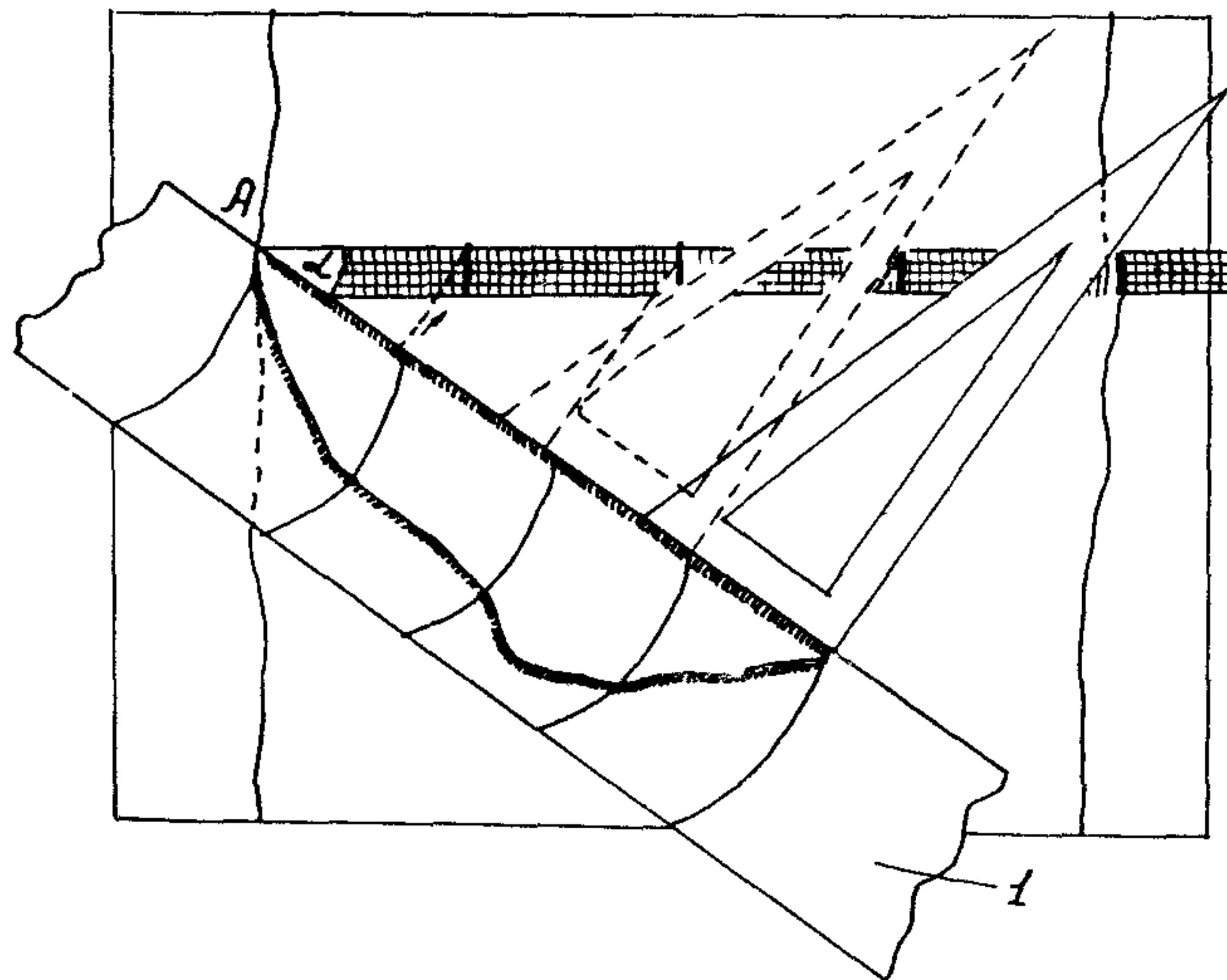


Рис 2.6 Перенос промежуточных промерочных точек с батиграммы (1) на профиль

Условные отметки уровней получают из выражения:

$$A_{ур} = A + h_{ср},$$

где A —отметка условного начала высот; $h_{ср}$ —среднее из нескольких измерений превышение начала высот над наблюдаемым горизонтом воды.

14. Данные по вариантам створов сводят в таблицы. Пример оформления данных по расчету уровней, ширины русла и поверхностных скоростей на даты аэрогидрометрии приведены соответственно в табл. 2.5, 2.6 и 2.7.

Т а б л и ц а 2 5

Варианты	№ а/снимков	Дата а/снимков	Базис b (на снимке), мм	Высота съёмки, м
Верхний створ реки	3436—40	3.VI	73,9	1063
	1508—11	4.VI	57,0	1081
	607—10	6.VI	52,5	966
	4163—60	7.VII	57,5	1127
	5308—06	19.VII	60,5	1057

Продолжение табл. 2.5

Варианты	Разность параллаксов ΔP , мм	Превышения, м	Разность уровней, м	Отметки уровня, м
Верхний створ реки	0,95	13,25	0	14,253
	0,68	12,75	+0,50	13,753
	0,65	11,75	+1,00	14,753
	1,17	21,20	—9,45	5,503
	0,70	21,60	—0,40	4,903

Т а б л и ц а 2 6

Варианты	Дата и № а/снимка	Ширина русла на снимке, мм	Масштаб	Ширина русла в натуре B , м
Верхний створ	3.VI 3507	125,0	1 : 19300	2415
	4.VII 1512	125,0	1 : 20150	2515
	7.VI 631	132,0	1 : 18380	2420
	17.VII 4262	106,0	1 : 20450	2085
	19.VII 5265	98,8	1 : 20950	2070

Т а б л и ц а 27

Варианты	B , м	ω , м ²	$h_{\text{ср}}$, м	h_{max} , м	$v_{\text{ср}}$, м/с	v_{max} , м/с	Q , м ³ /с	Дата
Верхний створ	2085	31160	11,1	21,8	0,33	1,00	10310	17 VII
	2420	52550	27,7	34,5	1,43	1,80	75000	7 VI
	2515	55000	22,0	35,5	1,00	1,20	55000	4 VII

По материалам аэрогидрометрических работ для различных фаз гидрологического режима водотока в районе мостового перехода и гидрометрических работ, выполненных наводным способом, должны быть определены: расходы воды русла и поймы, скорость поверхностных течений и направление струй на русловой и пойменных частях, живые сечения русла и поймы по створам измерений, глубины воды и отметки уровней на даты наблюдений.

На каждый из вариантов мостового перехода должны быть составлены: график колебаний уровня в период наблюдений; график зависимости расходов от уровня; график зависимости площади живого сечения от уровня; ситуационный фотоплан или масштабная фотосхема с планом поверхностных скоростей в изотатах, траекториями движения льдин во время ледохода, направлениях струй при характерных условиях воды, линиями судовых ходов.

3.1. Назначение морфометрических работ

1. Цель морфометрических работ заключается в получении расчетных гидрологических характеристик водотока через измерения формы речной долины (поперечных сечений и продольного уклона), определении геоботанических и гидроморфологических особенностей ее с использованием данных натуральных гидрометрических наблюдений. Сроки производства изысканий проектируемых линий обычно не совпадают со сроками половодий или паводков данного района, а в случае такого совпадения величины максимальных уровней и расходов воды оказываются, как правило, значительно ниже расчетных. Поэтому морфометрический метод гидрологических изысканий на мостовых переходах следует считать основным.

2. Наиболее типичны следующие случаи производства морфометрических работ:

а) Река на данном участке хорошо изучена в гидрологическом отношении—выше и ниже по течению действуют водомерные посты с многолетним периодом наблюдений и гидрометрические станции (створы), на которых производились измерения расходов воды в русле и на пойме при паводках вероятности превышения $p \leq 10\%$, причем выполненный анализ материалов показал приемлемость для створа перехода расчетных значений уровней ($УВВ_{p\%}$) и расходов ($Q_{p\%}$).

Задачей морфометрии будет перенос на створ перехода отметки $УВВ_{p\%}$ и распределение полученной величины $Q_{p\%}$ на этом створе между руслом и участками поймы (см. ниже п. 3.5).

б) На реке имеются водомерные посты, данные наблюдений на которых могут быть использованы для построения надежной связи уровней с их эмпирической вероятностью превышения $H = f(P, \%)$, но измеренные расходы воды недостаточны для получения расчетной величины $Q_{p\%}$. Задачей морфометрии будет перенесение на створ перехода отметки расчетного $УВВ_{p\%}$ (см. п. 3.2) и определение величины $Q_{p\%}$, соответствующей этому уровню, методами, изложенными в п. 3.5.

в) Река в гидрологическом отношении не изучена или существующие пункты наблюдений не могут быть использованы из-за отдаленности от района перехода или вследствие короткого периода наблюдений. В данном случае морфометрические работы желательно провести в паводочный период, организовав натурные измерения скоростей течения на работающих при наблюдаемых уровнях участках русла и поймы.

Морфометрические работы, восстанавливая картину прохода расчетного паводка, должны служить контролем определения расчетных расходов воды по формулам СНиП 2.01.14—83 [71] особенно для малоизученных районов, при отсутствии надежных аналогов и при расчетах стока на малых и средних реках.

3. Наиболее сложной задачей морфометрии водотока является надежная оценка гидравлической работы пойм, поскольку до настоящего времени нет общепринятой системы характеристик сопротивлений движению паводковых вод по пойменному массиву.

Количество морфостворов, их расположение в пределах поймы зависят от мощности ее, а также от сложности рельефа, связанного с типом руслового процесса (см. гл. 9).

3.2. Определение уровня режима

1. Независимо от отнесения данного перехода к одному из случаев выполнения морфометрических работ, перечисленных в п. 2 п. 3.1, в районе перехода устанавливают на местности отметки следующих характерных уровней: а) высоких вод (УВВ); б) высокого ледохода (УВЛ); в) подвижки льда (УПЛ); г) межени (УМВ).

Отметки указанных уровней на местности устанавливают путем опроса старожилов или по отметкам и местным признакам.

Основные характерные уровни воды, используемые при проектировании мостовых переходов, приведены в прил. 3.5.

2. Определение высоких уровней в створах переходов путем опроса местных жителей или по следам паводков часто является единственным источником получения сведений об УВВ при кратковременности полевых работ, большой удаленности от водомерных постов или при их отсутствии. Достоверность УВВ достигается многократным (не менее 6—7) определением их отметок не только в районе перехода, но и в других пунктах (особенно населенных) выше или ниже по реке с последующим переносом отметок УВВ на переход и их сравнением.

Перенос отметок УВВ на створ перехода производится в зависимости от наличия данных по одному из способов, указанных в п. 2.37 СНиП 2.01.14—83 [71].

3. При определении морфометрических характеристик методом опроса старожилов устанавливают происхождение наивысших УВВ (дождевые, ливневые, снеговые, от таяния ледников), частоту паводков в году, частоту затопления пойм (ежегодно или в течение какого-то периода).

Обязательно определяют период, в течение которого наивысший или другие характерные уровни не превышались, что может быть известно старожилоу от старших родственников; при этом не следует пренебрегать самыми приближенными данными, которые при сопоставлении с другими сведениями могут дать представление об указанном периоде. Собирают сведения об условиях, способствовавших возникновению катастрофического уровня (глубина снега, характер снеготаяния, выпадение обильных дождей и т. п.).

Ориентиры, до которых доходила вода, описывают и делают их зарисовки и фотографии, производят нивелировку указанных старожилами и найденных меток УВВ.

Результаты опроса оформляют актом, заверенным начальником партии (прил. 3.1). Подпись старожила в акте не требуется.

Опросные данные об исторических наивысших УВВ анализируют на основе архивных и литературных сведений. При этом следует учитывать их репрезентативность в настоящее время в связи с хозяйственным использованием реки за истекший период времени с момента наблюдаемого исторического паводка (строительство ГЭС, изъятие стока на мелиорацию и т. п.).

4. К следам паводков на местности относятся:

наносник (мелкие сучья, пучки трав, обломки тростника, ил и т. п.) на пологих берегах и деревьях;

отложения взвешенных наносов или нефти на коре деревьев и в складках местности;

обдиры и другие повреждения деревьев (льдинами, от переувлажнения почвы, подмыва берегов);

линия смачивания оштукатуренных и деревянных стен зданий;

следы подмыва крутых берегов;

полоса смыва «пустынного загара» на скальных берегах или железобетонных сооружениях (ее нижняя граница относится к среднему уровню, а верхняя к уровню 10—20% обеспеченности);

граница развития моховой и лишайниковой растительности на стволах деревьев и на скалистых берегах;

граница распространения пойменной растительности в засушливых районах и изменения цвета и состава травы на склонах

Следы затопления на коре деревьев, смыв «пустынного загара» и линии изменения цвета растительности лучше видны на некотором расстоянии.

Следы УВВ на местности могут сохраняться в течение 10—15 лет (при отсутствии за это время более высокого паводка).

3.3. Продольный профиль реки

1. Продольный профиль реки в месте перехода снимают для определения уклона свободной поверхности потока. При этом определяют:

а) отметки уреза воды на момент производства работ;

б) глубины по фарватеру в наиболее характерных точках дна (гребень переката, плесовая лощина);

в) отметки бровок берегов и наиболее пониженных мест прирусловых валов.

Протяженность съемки зависит от конкретных местных условий:

при режиме реки, не нарушенном гидротехническими сооружениями, профиль снимают на протяжении ситуационной схемы перехода, но не менее суммарной длины одного плеса и одного переката—для больших рек, двух плесов и двух перекатов—для средних рек и трех-пяти плесов и перекатов—для малых рек;

если вблизи перехода на расстоянии до 5 км расположен водпост ГМС, продольный профиль доводят до него; при этом площади водосборов для створа перехода и створа водпоста не должны различаться более, чем на 25%;

если переход находится в зоне подпора другой рекой, профиль снимают вниз от перехода до устья, где определяют отметку под-

пирающей реки, вверх—до конца кривой подпора. При большой длине кривой подпора допускается ее верхнюю часть составлять по картографическому материалу;

при расположении перехода вблизи крупной плотины данные для построения продольного профиля получают в организациях, ведающих проектированием или эксплуатацией плотины.

2. Продольный профиль снимают нивелированием с допустимой невязкой $20\sqrt{L}$ (см. п. 2.4), расстояния между точками урезов воды определяют дальномером. При съемке продольного профиля используют имеющуюся картографическую основу (фотопланы и карты масштаба не мельче 1:25000).

При отсутствии картографической основы прокладывают теодолитный ход, к которому привязывают урезные точки.

При нивелировании урезов точки берут в характерных местах, определяющих переломы свободной поверхности: в начале и в конце плесов и перекатов, в устьях притоков и крупных логов, у гидротехнических сооружений, у мостов и т. д.

На период съемки продольного профиля открывают временные водомерные посты. При нивелировании урезов отмечают время, и затем их отметки приводят к одному моменту времени введением поправок по наблюдениям на водомерном посту.

На продольном профиле наносят линии свободной поверхности потока на момент съемки, отметки дна и берегов в наиболее характерных точках, а также возможно большее количество отметок УВВ за разные годы, определенные различными косвенными способами (см. п. 3.2).

Расстояние между урезными точками на момент съемки определяют по фарватеру русла (по продольному профилю); расстояние между определенными на местности точками УВВ находят по спрямленному направлению потока в паводок, используя ситуационную схему мостового перехода.

Построение линии свободной поверхности производят по участкам с однообразными уклонами воды и дна на момент съемки. Пример оформления продольного профиля приведен в прил. 3.2.

Для определения уклона водной поверхности при уровнях высокой воды используют следы прошедших паводков, т. к. меженный уклон может в 5—6 раз отличаться от паводочного.

3. На переходах через реки с обширными поймами, характерными для руслового процесса типов свободного или незавершенного меандрирования и пойменной многорукавности (см. гл. 9), дополнительно снимают продольные профили наиболее мощных, действующих в межень проток, к профилям которых привязывают установленные на местности отметки УВВ по обоим бортам пойменной долины реки. Сопоставление отметок УВВ, полученных по обоим берегам долины реки, позволяет определить наличие и величину поперечного уклона паводочного потока [3].

3.4. Выбор и съемка морфостворов

1. Морфостворы намечают предварительно по картографическому материалу (или по генеральному плану перехода) нормаль-

но к направлению течения в русле и на поймах при высокой воде. На участках, где направления руслового и пойменных потоков не совпадают, морфоствор может быть ломаным.

Как правило, морфоствор располагают в наиболее узких местах пойм с наименьшим числом стариц, проток; для блуждающих рек—в местах с наименьшей шириной зоны блуждания.

Морфоствор, предназначенный для распределения расчетного расхода между русловой и пойменной частями потока, располагают непосредственно выше трассы мостового перехода.

При выполнении морфометрических работ в случае, предусмотренном в п. 2а п. 3.1, можно ограничиться съемкой одного морфоствора по оси или в непосредственной близости от створа мостового перехода с верховой его стороны.

Для случая, предусмотренного в п. 2б п. 3.1, снимают два морфоствора—один, как сказано выше, в наиболее узком месте поймы и второй непосредственно выше трассы мостового перехода.

Для случая, предусмотренного в п. 2в п. 3.1, необходимо снять три морфоствора—один выше створа перехода, другой в непосредственной близости от перехода и третий ниже створа перехода; первый и третий морфостворы располагают в наиболее узком и наиболее широком месте поймы для уточнения расчетной величины продольного уклона потока при УВВ (см. п. 3.5).

2. Морфостворы разбивают теодолитом. В местах пересечения с руслом реки, протоками, старицами или озерами определяют отметки урезов воды и измеряют глубины. Границами морфоствора являются отметки земли, превышающие УВВ на 1—2 м для уровней высоких половодий и на 2—3 м—для ливневых паводков.

Морфостворы привязывают к продольному профилю рек.

При съемке морфостворов снимают ситуацию на расстоянии 50-и глубин потока в паводок вверх и 20 вниз от оси, но не менее чем по 100 м в каждую сторону, подробно описывая морфологические особенности створа. Морфологическими характеристиками створа являются:

наличие на пойме протоков, староречий и озер, спрямляющих течений, прорывов перешейков речных излучин, постоянно или временно действующих водотоков, а также прорыв старых прирусловых валов;

характер растительности по морфоствору, выше и ниже его (трава, кустарник, лес, их густота и высота);

наличие на пойме различных построек, насыпей и других сооружений;

характеристика грунтов в русле реки и на незадернованных участках пойм;

частота затопления пойм.

На основании указанных признаков устанавливают значения коэффициентов шероховатости n для участков, имеющих различное сопротивление течению согласно указаниям п. 3.5.

В процессе проведения морфометрических работ на больших реках рекомендуется измерять скорости течения вертушкой или

поплавками с измерением уклонов по урезным кольям. Это даст возможность уточнить коэффициенты шероховатости, назначенные по таблице.

3.5. Камеральная обработка

1. В результате обработки материалов морфометрических работ должны быть составлены:

а) ситуационная схема с вариантами трассы перехода и морфостворами;

б) продольный профиль реки по руслу с линиями свободной поверхности водотока при различных УВВ;

в) профили морфостворов;

г) зависимости скоростей течения и расходов воды от глубины потока для морфоствора, снятого непосредственно выше створа перехода. Пример оформления чертежей морфометрических работ приведен в прил. 3.2.

2. Для определения гидравлических характеристик водотока морфометрическим способом необходимо:

а) установить по продольному профилю реки и ситуационной схеме уклоны водной поверхности в русле и на пойме с учетом спрямляющих течений при УВВ; если с повышением уровня уклоны меняются, строят зависимость $i=f(H)$;

б) разделить профиль (в точках перелома рельефа) на участки с единообразными условиями по глубине, косине струй, характеру растительности;

в) установить уровень выхода воды на пойму;

г) выделить неработающие «мертвые» площади сечения морфоствора;

д) определить расчетные значения шероховатости для каждого участка морфоствора по измеренным расходам или по таблицам прил. 3.3.

3. Приведенные в прил. 3.3 таблицы М. Ф. Срибного, Н. М. Носова и В. Т. Чоу коэффициентов шероховатости дают лишь ориентировочные величины n , которые в процессе изысканий следует, по возможности, уточнять. Следует пользоваться той таблицей, характеристики шероховатости которой наиболее подходят к данному объекту расчета. При этом диапазон значений коэффициентов шероховатости, указанных в таблицах, может быть расширен.

В особо благоприятных условиях минимальные значения коэффициентов шероховатости достигают: для русел (прямолинейные плесы с большими глубинами и малыми уклонами) $n \approx 0,020$ и для пойм (совершенно ровной с низкой травой при течении, параллельном руслу) $n = 0,04$.

Наибольшие значения n могут достигать для русел $n = 0,10$ (русла горных рек, сложенные крупнообломочным материалом) и для пойм $n = 0,20$ (исключительно густая переплетенная растительность, завалы валежника).

4. При обширной пойме, по которой проходит большая часть паводочного стока, может быть использован более дифференцированный метод определения коэффициентов шероховатости участ-

ков пойм [84]. Метод позволяет получать обобщенный по площади участка поймы коэффициент шероховатости, определяемый рельефом n_n и растительностью n_B :

$$n = \sqrt{n_n^2 + n_B^2}. \quad (3.1)$$

Коэффициент шероховатости, определяемый рельефом рассматриваемого участка поймы, находят по формуле

$$n_n = 0,025 + 0,25 \frac{\sigma_n}{H_n}, \quad (3.2)$$

где H_n —средняя глубина потока на рассматриваемом участке, $\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum (H_{ni} - H_n)^2}{n-1}}$ —среднеквадратическое отклонение глубин потока H_{ni} на

этом участке Коэффициент шероховатости, создаваемый растительностью, определяют по графику (рис 31) в зависимости от обобщенного параметра растительности.

$$\varphi = \sum_{i=1}^m \varphi_i = \sum_{i=1}^m \frac{b_i^2 H_{Bi} \delta_i N_i}{l_j^2 H_n}, \quad (3.3)$$

где H_{Bi} —средняя высота затопления растительности водой, b_i —средний диаметр растительности; δ_i —параметр, учитывающий степень вертикальной сплошности многоствольной растительности и принимаемый для одноствольных деревьев с высотой кроны выше H_{Bi} . $\delta_i = 1$, для кустов и тонких многоствольных деревьев $\delta_i = \sum d_i / l_i$; d_i —средние диаметры стволов и веток растительности на участке створа длиной l_i ; суммирование величин d_i проводится для растений, расположенных от створа по направлению течения потока на протяжении, равном среднему расстоянию между кустами, —для травы δ_i принимают в пределах 0,1—1 в зависимости от ее густоты; l_j —длина участка поймы, N_i —число стволов на площади l_j^2 , i —переменное суммирование, соответствующее типу растительности (деревья, кустарники, трава).

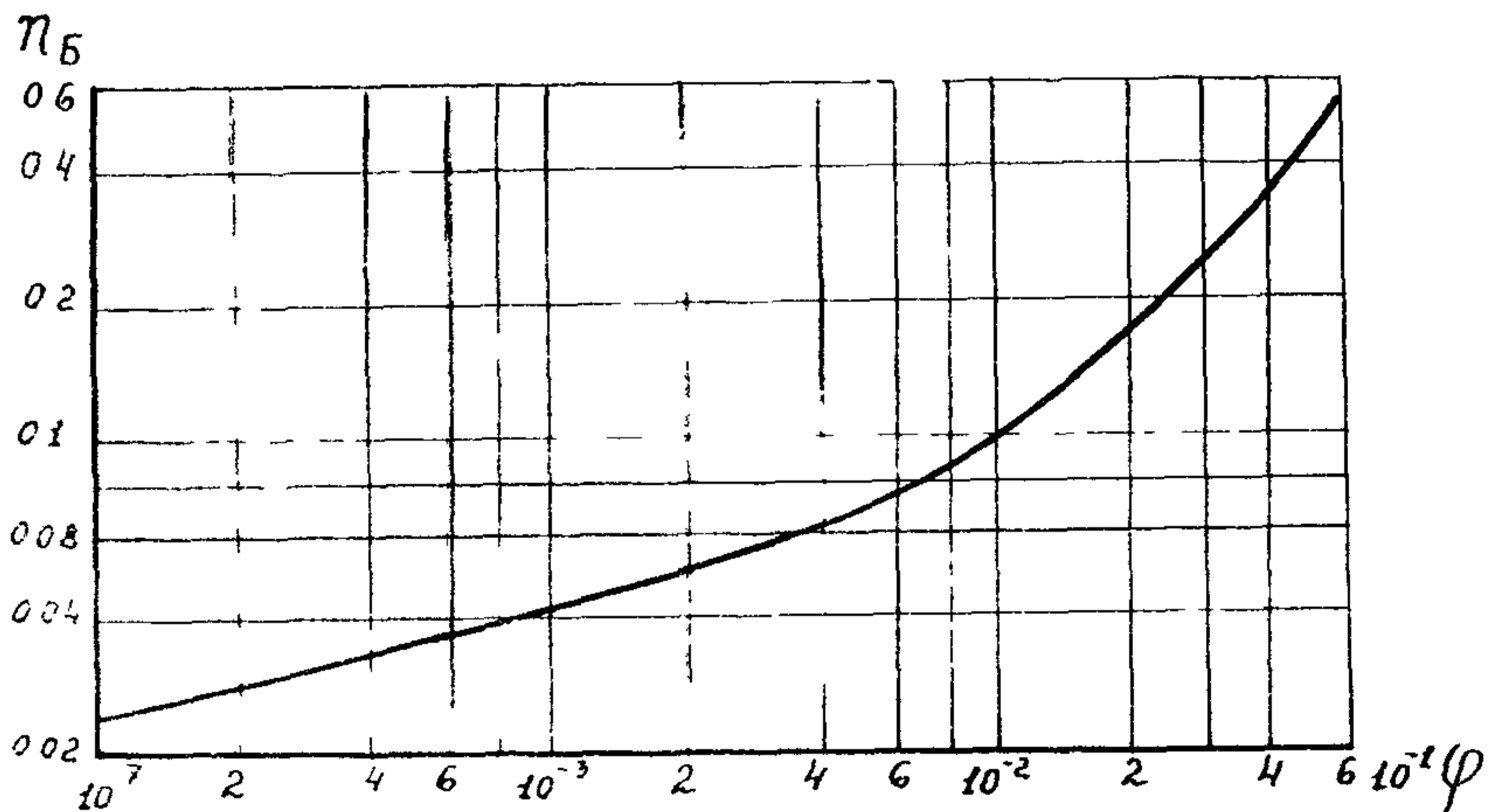


Рис. 31 Коэффициент шероховатости n_B , определяемый растительностью

Исходные данные для расчета по формуле (3.3) получают на основании натурного обследования растительности поймы, используя материалы лесохозяйственных организаций и аэрофотосъемки, а также таксационные и геоботанические карты. Средний диаметр куста или многоствольного дерева измеряют на половине их высоты; для травы измеряют полную высоту и высоту в нагнутом состоянии (глазомерно) при УВВ_p%. Для уточнения степени вертикальной сплошности δ_i рекомендуется делать фотоснимки характерной для участка многоствольной растительности.

5. Если вдоль потока глубиной H_i на длине верх $l_{bi} \geq 50 H_i$ и вниз $l_{ni} \geq 20 H_i$ от оси i -го участка морфоствора ситуация и характеристика растительности не меняются (однородны), то только они определяют коэффициент шероховатости n участка.

При несоблюдении указанного условия принимаемый коэффициент шероховатости рассчитывают по формуле:

$$n_s = \sqrt{\frac{n^2(70H_i - \sum_{k=1}^m \Delta l_k)B + \sum_{k=1}^m n_k^2 \Delta l_k \Delta B_k}{70H_i B}}, \quad (3.4)$$

где ΔB_k , Δl_k —ширина и длина участка, расположенного вдоль потока внутри диапазона $l_{bi} - l_{ni}$, с коэффициентом шероховатости n_k , отличным от преобладающего коэффициента шероховатости n на рассматриваемом участке шириной B .

Если внутри участка морфоствора шириной B , глубиной H и с коэффициентом шероховатости n расположен участок $\Delta B < B$, характеризуемый H_i и n_i , то при расчете скоростей и расходов воды участком ΔB можно пренебречь (считать, что $\Delta B = 0$) при условии:

$$\Delta B/B < 0,1 \left(\frac{n}{n_i}\right)^2 \left(\frac{H}{H_i}\right)^{2/3}. \quad (3.5)$$

6. Для определения косины струй намечают на ситуационной схеме направления течений на пойме (с учетом пойменного рельефа и направления основных проток).

Неработающие площади исключают из расчета.

В замкнутых старицах и ложбинах глубину потока отсчитывают от средней бровки этих мезоформ.

7. Среднюю скорость потока на каждом однородном по глубине, уклону и шероховатости участке морфоствора определяют по формуле (в м/с)

$$v = \beta_* C \sqrt{H i} \cos \alpha, \quad (3.6)$$

где H —средняя глубина воды на участке; i —продольный уклон свободной поверхности при РУВВ; α —угол между направлением течения и перпендикуляром к оси морфоствора; C —коэффициент Шези, определяемый по прил 33 или формуле Маннинга $C = H^{1/6}/n$; β_* —параметр формы живого сечения (см. формулу 21).

При использовании формулы Маннинга

$$v = \beta_* \frac{H^{2/3}}{n} \sqrt{i} \cos \alpha.$$

Для горных и предгорных рек скорость потока можно определять по формуле

$$v = \frac{A}{n} H^x \sqrt{i \cos \alpha}. \quad (3.7)$$

где при $H \geq 1,8$ м принимают $A=1$ и $x=2/3$, а при $H < 1,8$ м—в зависимости от глубины воды в русле:

H	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,2	1,4	1,8
AH^x	0,61	0,74	0,86	0,97	1,02	1,17	1,28	1,48

Если на пойме имеются перемежающиеся участки с резко отличной шероховатостью, то формулой (3.6) нельзя учесть перераспределение потока на морфостворе и следует переходить к более точным решениям (с использованием двумерного уравнения неравномерного движения).

8. Во всех случаях производства морфометрических работ, если на участке перехода имеется резкое изменение ширины паводочного потока, величину уклона i , определенного по продольному профилю реки, заменяют в формулах скорости потока v величиной уклона трения I , вычисляемого по формуле

$$I = i + \frac{\alpha Q^2}{2gl} \left(\frac{1}{\omega_n^2} - \frac{1}{\omega_b^2} \right), \quad (3.8)$$

где $\alpha=1,1$; Q —суммарный расход русла и пойм при УВВ; g —ускорение свободного падения, l —расстояние между верховым и низовым створами; ω_n и ω_b —суммарные площади живых сечений русла и пойм низового и верхового створов соответственно

Положение верхового и низового створов выбирают с таким расчетом, чтобы ширина B паводочного потока на расчетном створе вблизи перехода примерно удовлетворяла бы условию

$$B \approx \frac{B_b + B_n}{2}, \text{ где } B_b \text{ и } B_n \text{—ширина потока на верховом и низовом}$$

створах соответственно.

9. Полученные морфометрическим расчетом средние скорости v главного русла при наличии данных о гранулометрическом составе аллювия следует сопоставить со значениями скоростей динамического равновесия $v_{дин}$ согласно прил. 3.4. Если расхождение между величинами v и $v_{дин}$ превышает 25%, необходимо уточнить принятую для русла величину n и средний диаметр фракций аллювия, слагающего русло.

В пустынных районах, где в руслах водотоков с большими площадями водосборов нет постоянного стока, причем русло сложено крупнозернистым аллювием, средний диаметр которого может быть определен с достаточной точностью, получение значения средней скорости в русле $v_{дин}$ по прил. 3.4 может быть более надежным, чем по формулам, приведенным в п. 7. Для таких водотоков единственным признаком прохода высокой воды является (см. п. 3.2) полоса смыва «пустынного загара» на бортах, обычно беспойменного русла.

Средняя скорость потока на уровне смыва «пустынного загара» может быть оценена по динамической скорости для принятой вероятности превышения указанного уровня (см. прил. 3.4).

10. Для морфоствора, снятого вблизи трассы перехода, строят зависимости гидравлических характеристик русла и поймы (v , h , Q , i , n) от уровня воды (H_y), пользуясь вышеприведенными формулами и имеющимися данными натурных наблюдений с учетом указаний настоящей главы.

При наличии вблизи перехода водпоста строятся зависимости связи уровней водпост—морфоствор, используя опросные данные об УВВ в районе перехода. Уровень высокой воды расчетной вероятности превышения $P\%$ определяют для расхода на пике паводка $Q_{P\%}$ той же вероятности превышения по морфометрической зависимости $Q=f(H_y)$, согласно рекомендации п. 4.27 СНиП 2.01.14—83 [71].

11. Величина $Q_{P\%}$, вычисленная в зависимости от объема исходной информации методами, указанными в СНиП 2.01.14—83, не должна отличаться от той же величины, определенной методом морфометрии более чем на 25%. При большем расхождении следует взаимно увязывать аналитические и морфометрические расчеты, изменяя в последнем распределение расчетного расхода между руслом и поймами по морфоствору, снятому вблизи трассы перехода.

12. Результаты морфометрических работ оформляют на чертежах, которые могут быть представлены на одном листе (см. прил. 3.2).

Полученные гидравлические данные характерных участков морфоствора показывают на профиле морфоствора, которые вычерчивают в масштабах:

для малых рек горизонтальный	1 : 1000÷2000
для малых рек вертикальный	1 : 100÷200
для средних и больших горизонтальный	1 : 2000÷5000
для средних и больших вертикальный	1 : 200

Кроме чертежей, перечисленных в п. 1 настоящего пункта, прилагаются (см. прил. 3.2) план водосбора с показанием пунктов стационарных наблюдений, площади водосбора, коэффициентов озерности (включая водохранилища и проточные озера) δ , залесенности δ_1 и заболоченности δ_2 в % от всей площади водосбора, а также графики зависимостей, указанных в п. 10.

4.1. *Обследование искусственных водотоков*

1. В практике проектирования встречаются переходы через искусственные водотоки, к которым относятся каналы, спрямляющие русла, обвалованные участки рек.

Каналы по назначению принято подразделять на: гидротехнические (деривационные, судоходные, аварийные и др.), гидромелиоративные, водохозяйственные (оросительные, транзитные и др.), судоходные.

Поперечное сечение проектируемых каналов характеризуется (рис. 4.1): шириной B при расчетном уровне воды для заданного расхода воды; площадью живого сечения ω ; смоченным периметром χ ; гидравлическим радиусом $R = \omega / \chi$; шириной между бровками русловых откосов $B_{бр}$; коэффициентом заложения откосов m ; шириной по дну b , глубиной h ; коэффициентом шероховатости дна и откосов.

Спрямляющие участки русел устраивают трапецеидального поперечного сечения. При обваливании искусственно (дамбами) ограничивают размеры пойменных участков, примыкающих к руслу.

В искусственных водотоках проектные поперечные сечения и их характеристики могут изменяться в связи с различными грун-

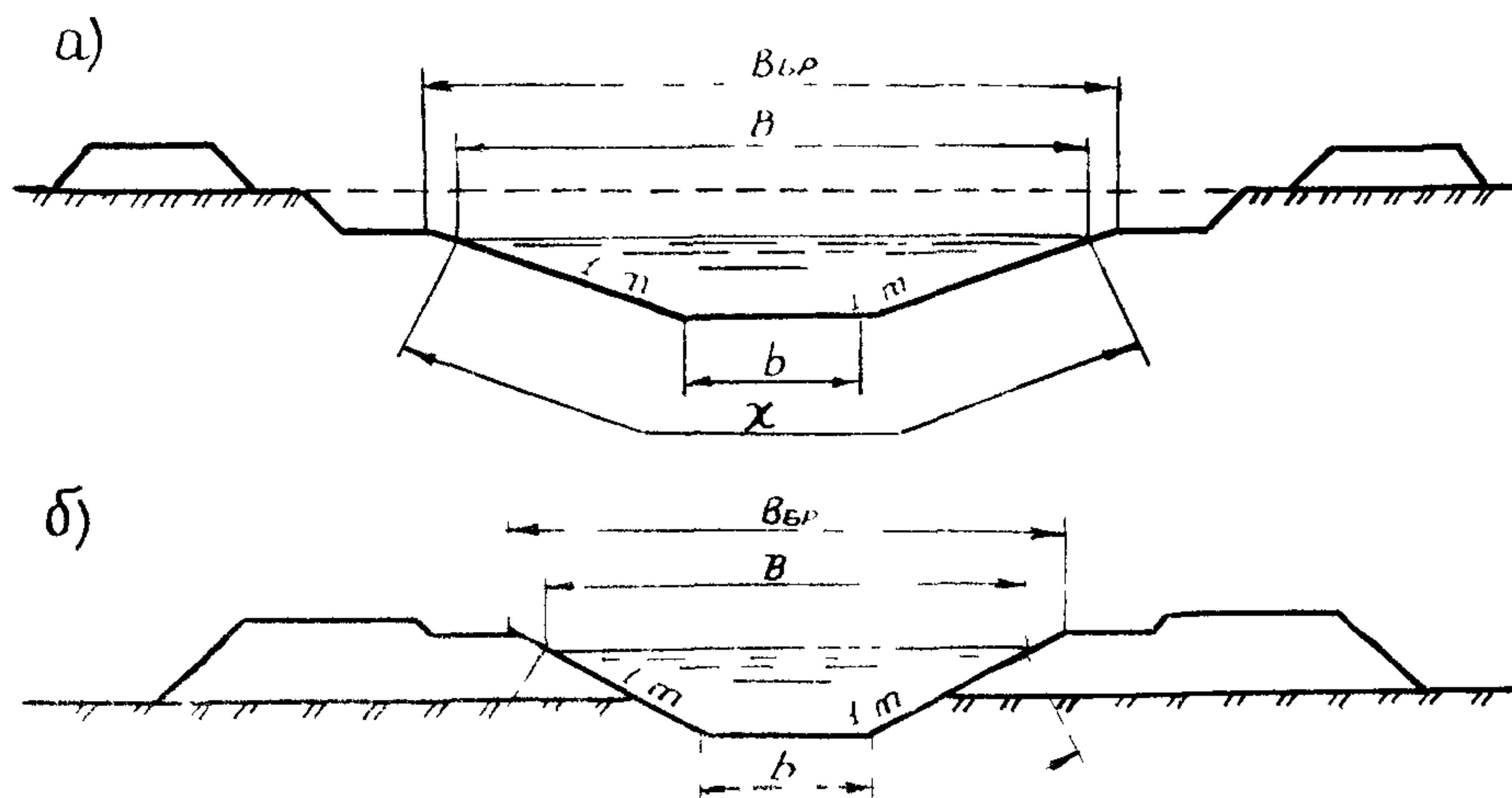


Рис. 4.1. Характерные схемы поперечного сечения каналов:
а—в выемке; б—в полувыемке

тами дна и откосов по длине этих водотоков и превышением скоростей течения неразмывающихся значений.

С течением времени такие водотоки превращаются в видоизмененные речные русла с тем или иным типом руслового процесса (см. гл. 9), который вызывает их расширение и углубление. Изменение очертаний поперечного сечения и гидравлических характеристик потока может быть вызвано превышением заданного в проекте расчетного расхода воды.

2. Начальные параметры поперечного сечения, гидравлических и других характеристик каналов и прочих искусственных водотоков следует получать в подготовительный период изысканий в проектных и эксплуатирующих организациях.

В период полевого обследования необходимо установить наличие и состояние выше и ниже проектируемого мостового перехода построенных гидротехнических и мостовых сооружений и в том числе водосборных, водоперепускных и водораспределительных сооружений, а также режим их работы.

Подлежат тщательному изучению внутригодовой режим речного стока, максимальные сбросные расходы воды и в том числе аварийные. Эти данные нужно получить в эксплуатирующих организациях путем официальных запросов и детального изучения дополнительной документации на месте. Следует произвести дополнительно к этим данным опросы старожилов, местных жителей, очевидцев с оформлением соответствующих актов.

Необходимо полевым обследованием установить возможные изменения речного стока выше и ниже проектируемого моста за счет дополнительного притока поверхностного стока или его регулирования искусственными сооружениями различного назначения (водораспределители, аккумулирующие емкости, автомобильные и железные дороги и т. п.), возникших после строительства искусственных водотоков.

В полевой период нужно установить наличие, тип и состояние укреплений дна и откосов каналов и канализированных русел, а также характер руслового процесса и деформации поперечного сечения. Скорость течения и другие гидравлические характеристики потока в расчетном створе рекомендуется определять гидрометрическим путем с целью получения натуральных значений коэффициентов шероховатости. При отсутствии косины в качестве расчетного принимается проектный створ мостового перехода, в противном случае—морфоствор, разбиваемый в непосредственной близости от трассы перехода.

Для установления характера руслового процесса необходимо выполнить промеры глубин и нивелирование 3—4 поперечных сечений ниже трассы проектируемого мостового перехода на расстоянии друг от друга от 25 до 50 м в зависимости от ширины искусственного водотока (канала).

Продольный уклон водной поверхности нужно определять по данным непосредственных наблюдений в период полевого обследования не менее 2—3 раз на расстоянии от 200 до 500 м выше

и ниже расчетного створа. На криволинейных участках канала необходимо определять поперечный уклон водной поверхности.

На каждом мостовом переходе должны быть выполнены топографические съемки на расстоянии не менее 300 м выше и ниже расчетного створа.

3. Кроме топографических, инженерно-геологических и гидрологических данных должны быть собраны следующие сведения: перспективы дальнейшего использования искусственных водотоков; необходимость и размеры проездов по берегам, подлежащих перекрытию мостом; характер пропуска судов и в том числе имеющих специальные габариты; подмостовые габариты частей моста, перекрывающих водоток и проезды.

Если предполагается на судоходном водотоке (канале) устраивать разводной пролет моста, то необходимо собирать следующие дополнительные данные:

а) о судоходном фарватере и возможных его перемещениях, получаемые путем сопоставительного анализа лоцманских карт и материалов полевых наблюдений за траекториями прохождения судов в районе мостового перехода;

б) о минимально допустимых габаритах мостов с неразводными пролетами с учетом карчехода, ледохода, волнения, искривления водной поверхности, набега воды на опоры от динамического воздействия речного потока и т. п.;

в) о скоростях течения воды на участке русла, перекрываемом разводным пролетом в период навигации;

г) о выборе местоположения и размерах разводного пролета, высоте его подъема, сроках и длительности разводки, согласованные с соответствующими органами.

Гидрологические расчеты при наличии гидрометрических полевых измерений и при их отсутствии, а также расчеты отверстий мостов и размывов подмостовых русел нужно определять по рекомендациям соответствующих глав настоящего Пособия. Гидравлические расчеты каналов выполняют согласно [51].

Полученные в результате полевого обследования и расчетов отметки уровней высокой и меженной воды, а также отверстия мостов должны быть увязаны с отметками, полученными от организаций эксплуатирующей или проектирующей искусственный водоток (канал).

4.2. Обследование существующих мостовых переходов

1. Обследование существующих мостовых переходов проводят при их реконструкции, проектировании моста под второй путь или нового перехода, если вблизи его расположены существующие железнодорожные или автодорожные мосты.

Обследование водотоков, пересекаемых существующими мостовыми переходами, проводят согласно указаниям гл. 3.

2. Если существующий мост пропустил близкий к расчетному расход воды, то происшедшие изменения в режиме реки у перехода могут служить контролем расчетов и обоснований проектных решений. Если существующий мост пропустил паводки, меньшие

расчетного, то установленные изменения бытового режима реки (подпоры, размывы) должны быть использованы для построения зависимостей их от УВВ.

Сведения о проходе высоких паводков имеются в архивах службы пути железных дорог и организаций, эксплуатирующих автомобильные дороги; на многих крупных мостах имеется длительный ряд наблюдений за максимальными уровнями. Наблюдения эти бывают не точны и должны быть проанализированы. При этом устанавливают, менялись ли и когда пролетные строения, с которых производились промеры, местоположение водомерных реек на опорах, когда делались метки УВВ на устоях—при наивысшем уровне или после него.

3. По промерам под мостами строят совмещенные профили живых сечений за ряд лет, отличающихся значительными размывами, а также различным положением русла по ширине мостового отверстия (рис. 4.2). При совмещении профилей необходимо проверить исходные данные в отношении стабильности промерных нулей, систем отметок и правильности перехода от старых мер к метрическим.

В результате обследования моста получают зависимости:

а) рабочей площади и максимальных глубин под мостом при пиках наблюдаемых паводков от расхода и уровня (рис. 4.2, в);

б) подпора перед мостом от расхода (для неразмываемого дна) или рабочей площади под мостом (для размываемого дна)

в) коэффициента формы живого сечения $\alpha_{\phi} = \frac{h_{\max}}{H}$ под мостом

от уровня или расхода; изменение этой величины и рабочей площади во времени представлены на рис. 4.2, б.

4. При обследовании мостового перехода собирают данные:

а) год постройки опор моста и подходов насыпей;

б) годы изменения отверстия моста и проводившихся укрепительных работ, характер и их размеры;

в) годы смены пролетных строений, отметки головки рельсов низа конструкции пролетных строений до и после смены;

г) отметки УВВ, УВЛ и УМВ под мостом, а также отметки УВВ с верховой и низовой сторон подходов насыпей на всем их протяжении;

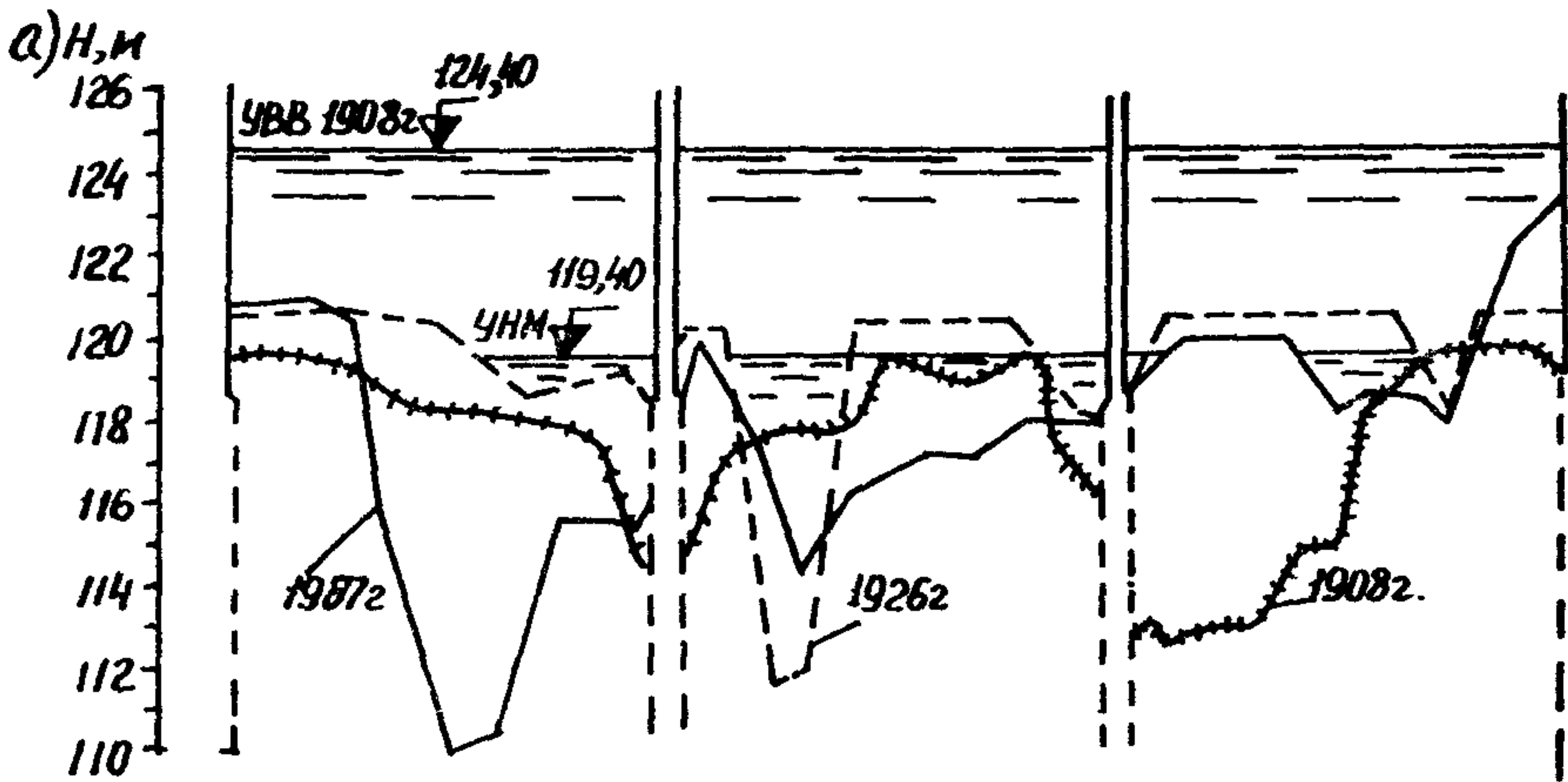
д) годы и места переливов при УВВ через подходы насыпи, размеры повреждений и длительность перерывов движения;

е) геологическое строение по оси перехода по проектным данным и исполнительным чертежам;

ж) размывы подмостового русла, устанавливаемые по совмещенным профилям живых сечений;

з) изменения плана русла вследствие руслового процесса путем совмещения съемок разных лет и лоцманских карт (см. гл. 9);

и) продольные и поперечные профили подходов насыпей и регуляционных сооружений с указанием типа укреплений их откосов;



Отметка, м	19082.	119,4	119,5	119,3		117,8	117,4	114,3	114,7	117,0	117,6	118,0	119,4	118,8	119,6	117,0	116,2	112,0	112,4	112,8	114,8	114,8	118,0	119,6	119,6	119,2	
	19262	120,5	120,0	120,2	118,4	118,7	119,0	120,1	120,0	111,4	112,0	120,5	120,3	119,0	118,0	120,4	120,4	120,4	119,5	118,0	120,4	119,5	118,0	120,4	120,4	120,4	119,2
	19872	120,7	120,8	120,2	115,2	109,7	110,2	115,5	115,4	120,0	117,3	114,0	116,2	117,1	117,0	117,9	117,8	119,8	119,8	118,0	118,4	118,3	117,7	122,0	123,0	123,0	119,2
Расстояние		20	10	8	16	10	16	19	14	15	10	13	19	12	14	14	22	24	12	8	13	8	16	Н			

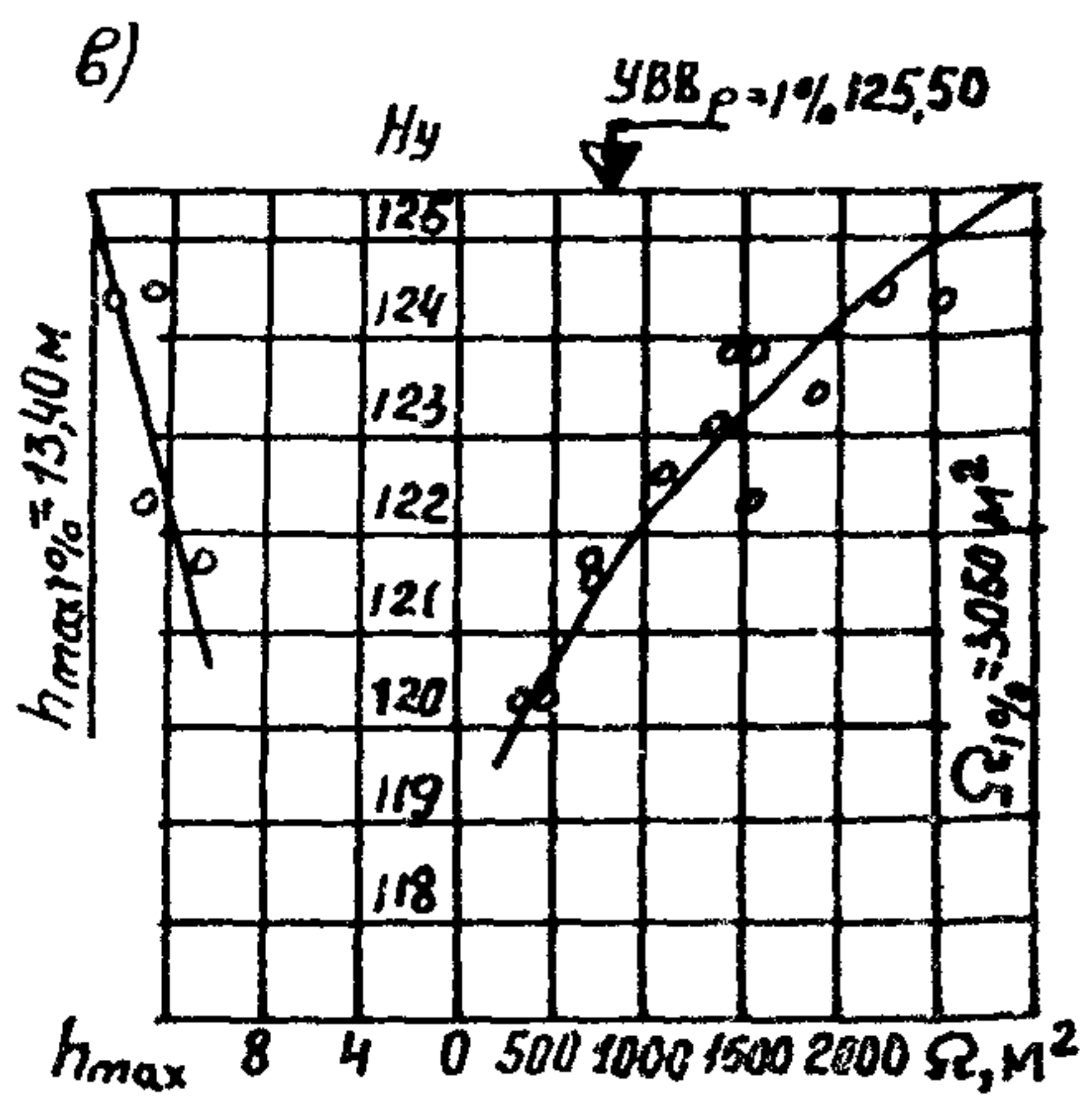
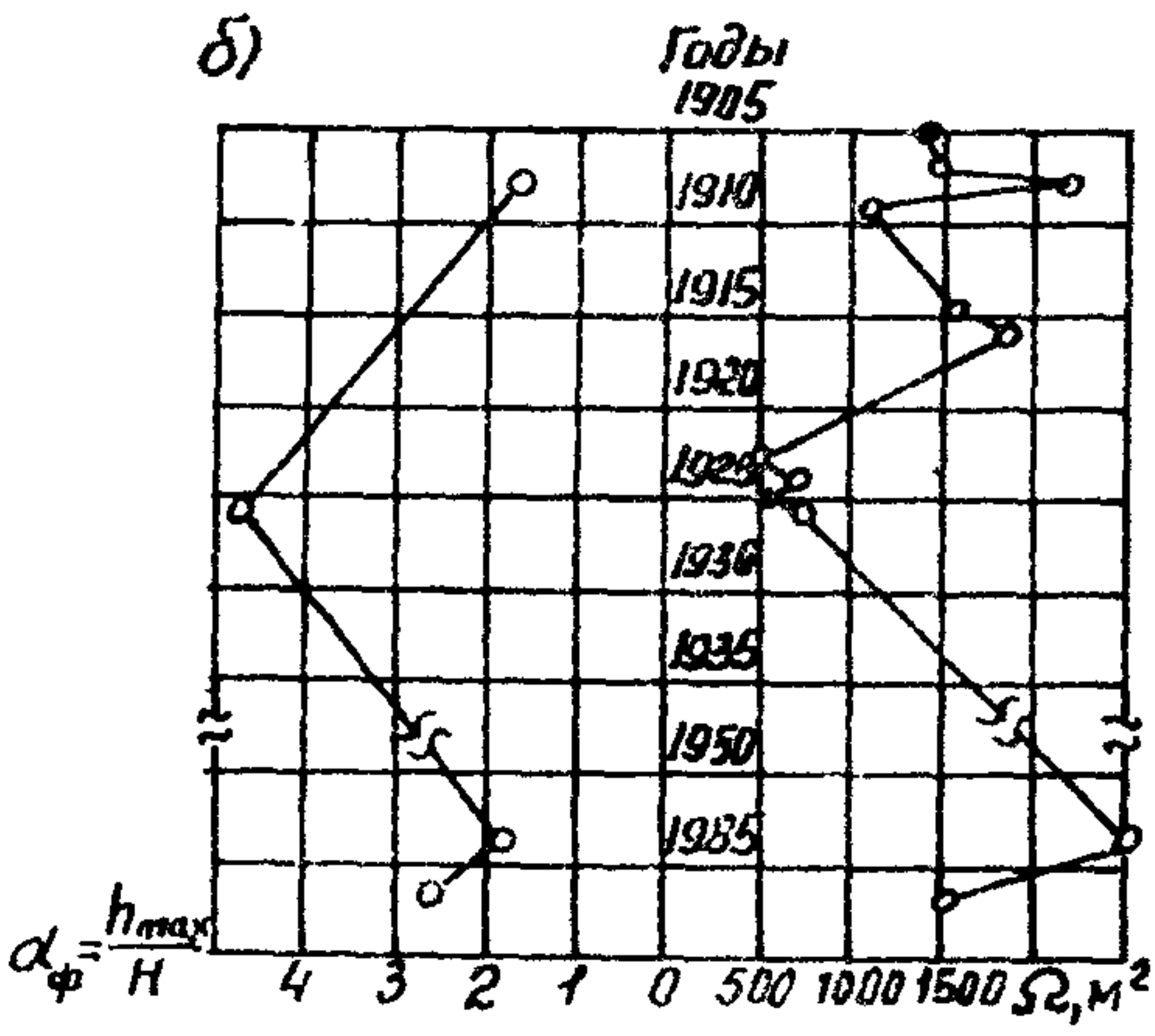


Рис 42 Развитие размывов под мостом во времени
 а—совмещенные профили живых сечений подмостового русла б—графики изменения рабочей площади Ω под мостом и коэффициента формы $\alpha_{\phi} = \frac{h_{\max}}{H}$ по годам, в—зависимости рабочей площади Ω и максимальных глубин h_{\max} от уровня воды H_y

к) годы, места и размеры повреждений укреплений откосов струенаправляющих дамб и подходных насыпей;

л) условия судоходства и сплава в районе перехода (аварии судов и плотов у моста, перемещения судоходного фарватера, достаточность подмостовых габаритов).

5) При наличии групповых отверстий указанные данные собирают по каждому пойменному мосту.

6. На основании материалов (см. п. 4) проводят анализ работы мостового перехода—устанавливают его водопропускную способность и при необходимости намечают меры по ее увеличению. Если предусматривается реконструкция перехода, то на основании указанного анализа намечают мероприятия по улучшению работы перехода. Если вблизи проектируется новый мостовой переход, то данные анализа используют для принятия проектных решений.

7. При обследовании малых мостов и труб, являющихся дополнительными отверстиями на поймах крупных мостовых переходов, собирают следующие данные об их работе:

а) количество пойменных мостов и труб, размеры их отверстий, наличие и тип шандоров;

б) профили живых сечений под мостами, поперечное сечение труб, тип укреплений русел и глубину размыва ниже мостов и труб;

в) отметка уровня подпертой воды с верховой стороны сооружения (на верховом откосе насыпи), на входе в сооружение (на откосе конуса и выходных оголовках труб), ниже сооружения (на низовом откосе насыпи).

Аналогичные данные собирают при расположении малых мостов и труб на долинных ходах с той лишь особенностью, что при сборе сведений об уровнях должно быть установлено, какими паводками они вызваны: с собственного бассейна малого водотока или реки, в пойме которой проходит трасса.

8. Гидравлические расчеты существующих малых искусственных сооружений на пойме и на трассе долинного хода, попадающего на пойму, выполняют согласно [51] и п. 11.2 Пособия.

4.3. Обследование некапитальных плотин

1. Согласно п. 1.25 СНиП 2.05.03—84 [75] при проектировании мостовых переходов через водотоки, где имеются некапитальные плотины, необходимо учитывать возможность прорыва их (см. п. 8.3).

Некапитальными считаются плотины, которые могут быть разрушены при пропуске расчетных (и менее) паводков для проектируемого мостового перехода. Возможность частичного или полного разрушения плотин устанавливают расчетом на основании материалов натурного обследования всех плотин, расположенных выше створа перехода как на пересекаемой трассой водотоке, так и на его притоках. Плотина, находящаяся ниже перехода, подлежит обследованию, если створ перехода находится в зоне ее влияния, что устанавливают по отметке уровня воды

верхнего бьефа при максимальном наполнении водохранилища с учетом кривой подпора при прохождении паводка.

2. В результате натурного обследования и сбора имеющейся проектной и эксплуатационной документации по плотине получают информацию, необходимую для решения вопроса о капитальности сооружения и характере последствий для проектируемого перехода от возможного прорыва. В случае установления неразрушаемости плотины в заданных расчетных условиях обследование должно выявить регулируемую способность водохранилища при проходе расчетного и наибольшего расходов, которая должна быть учтена при определении отверстия моста.

3. Обследование и сбор данных начинают с установления года постройки и анализе проекта плотины. Если год постройки неизвестен, необходимо установить приблизительно период постройки (до революции, перед Отечественной войной, после войны и т. д.). Вероятность превышения расчетного расхода для водосборных сооружений определяют по проекту плотины. Если, например, плотина проектировалась на расход воды вероятностью превышения 1% и никаких нарушений в работе ее за период эксплуатации не наблюдалось, а физическое состояние всех ее элементов не вызывает опасений за их сохранность, то при проектировании автодорожных мостов плотина может считаться капитальной. Для железнодорожных мостовых переходов, проектируемых на наибольший расход воды вероятностью превышения 0,33%, эта плотина может оказаться некапитальной.

Величина принятого в проекте плотины расчетного расхода должна быть проверена по действующему СНиП 2.01.14—83 (71).

4. Если плотина проектировалась на расход воды больше расчетного или наибольшего $Q_{p\%}$ для мостового перехода, то следует произвести проверку на ее разрушение при переливе при $Q_{p\%}$.

Считается, что разрушение плотины наступает при уровне воды выше ее гребня более 0,1 м.

Это условие выражается неравенством:

$$ОП + H - ОГ > 0,1 \text{ м,}$$

где ОП—отметка порога водослива, H —статический напор, м, ОГ—отметка гребня плотины

Величину H для незатопленного водослива, в том числе практического профиля (51), что характерно для плотин, определяют как

$$H \approx \left(\frac{Q_{p\%}}{m v \sqrt{2g}} \right),$$

где $Q_{p\%}$ —расчетный или максимальный расход для мостового перехода, v —ширина водосливного отверстия, m —коэффициент расхода; можно принимать $m \approx 0,37$

Необходимо произвести нивелировку по гребню плотины и составить ее продольный профиль, а также снять поперечные профили ее тела в характерных местах для проверки соответствия построенного сооружения проектным данным.

По проекту устанавливаются: кем и когда разработан проект, величину и вероятность превышения расчетного расхода для водосбросных сооружений, отметки уровней форсированного и нормального подпертых уровней и уровня мертвого объема водохранилища.

5. Если проектная документация на плотину отсутствует, то заключение о возможности ее прорыва базируется на данных натурного обследования и опроса лиц, имеющих или имевших отношение к ее эксплуатации. Опросы оформляются актами с указанием, кто, на каком основании дал сведения о плотине, причем подпись давшего нужную информацию в акте не обязательна.

В результате обследования должны быть собраны следующие данные:

период постройки плотины;

наличие, тип и конструкции водосбросных сооружений, их пропускная способность;

длина плотины по урезу воды в верхнем бьефе при предельном наполнении водохранилища;

ширина плотины по гребню, заложение верхового и низового откосов тела плотины;

материалы, из которых сооружена плотина, наличие и тип укреплений гребня и откосов;

тип и качество сопряжений плотины с основанием и берегами;

напор (максимальная разность отметок уровней воды в верхнем и нижнем бьефах);

запас высоты гребня плотины над нормальным подпертым уровнем;

наличие понижений на гребне (мест возможного сосредоточенного размыва), устанавливаемых по снятому профилю плотины;

состояние плотины (наличие и отсутствие фильтрации через тело плотины, оползней откосов, деформаций укреплений и т. п.);

объем водохранилища при предельном наполнении его;

наблюдались ли прорывы или переливы через гребень плотины (где, на каком протяжении, во время снегового или ливневого паводков), если наблюдались, то описать принятые меры по восстановлению плотины;

наличие ниже плотины транзитного русла водотока, по которому должен быть снят продольный профиль на участке плотины до створа перехода (см. п. 8.3).

На основании перечисленных выше данных составляется заключение о возможности разрушения плотины при расчетных для мостового перехода гидрологических условиях.

4.4. Обследование конусов выноса и селевых потоков

1. Конусы выноса горных водотоков предварительно обследуют с целью установить морфологический тип конуса, наметить возможные варианты его пересечения и схемы регулирования потока.

Конуса выноса в устьевой части горных водотоков подразделяются на четыре типа, характеризующихся признаками:

а) поток растекается при каждом паводке (см. рис 1 2, гл 1);
 б) на поверхности конуса выражено одно или несколько русел, пропускающих средние паводки; при выдающихся паводках происходит переформирование русел (рис 4.3, а);

в) бóльшая часть поверхности конуса покрыта растительностью, на ней расположены населенные пункты и культурные насаждения, другая часть, врезанная в поверхность конуса, является действующей и в ее пределах происходит блуждание водотока (рис 4 3, б);

г) недействующий конус; русло водотока врезано в его поверхность и имеет сечение, способное пропустить максимальные расходы (рис 4 3, в)

2 Характеристикой конуса выноса является его очертание в продольном сечении (вогнутое или выпуклое).

Вогнутое очертание не достигает реки, в которую впадает пересекаемый водоток, и заканчивается на одной из ее террас

Выпуклое очертание характерно для небольших конусов, заканчивающихся непосредственно у русла реки и подмываемых ее водами. Наличие выпуклости части конуса характерно для зоны интенсивного отложения наносов

Обследование больших конусов выноса производят с использованием карт масштаба 1 : 25000 и 1 : 10000, фотопланов и съемок. Для рекогносцировки эффективно использование вертолетов или легких самолетов.

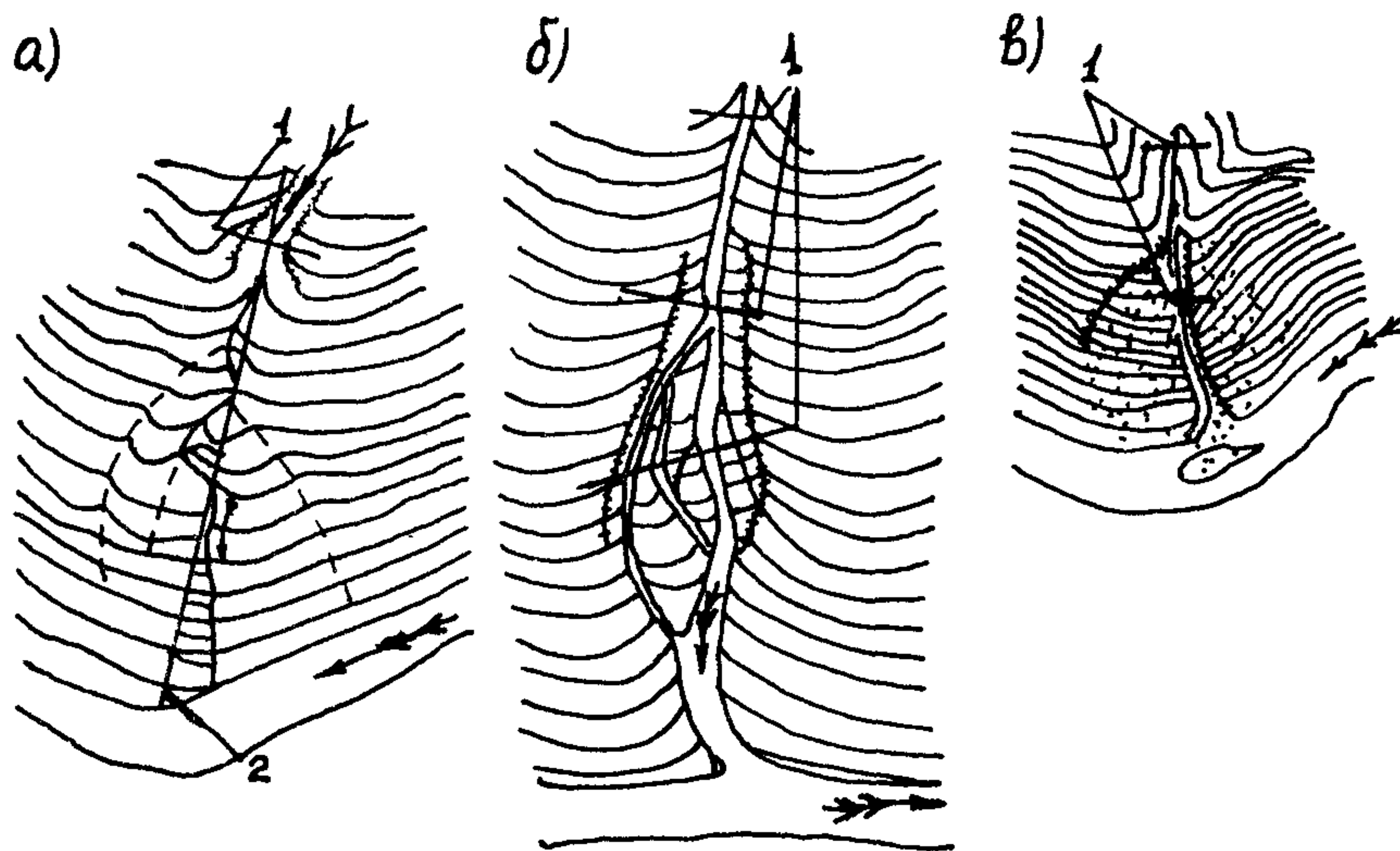


Рис. 4 3 Схемы расположения морфостворов на конусах выноса
 а—несколько русел на конусе выноса б—конус с врезанной зоной блуждания, в—недействующий конус с врезанным руслом 1—морфостворы, 2—трасса продольного профиля

3. При обследовании устанавливают тип конуса выноса, собирают сведения о гидрологическом режиме водотока, мощности, характере и частоте прохождения паводков. На конусах (см. п. 1, типы в, г) на основании опроса старожилов, а в необжитой местности—по следам устанавливают случаи выхода погока на недействующую часть конуса. Намечают варианты пересечения конуса и места расположения отверстий водопропускных сооружений с соответствующей схемой регулирования (см. п. 11.4).

4. При больших размерах конусов съемкой охватывают в продольном направлении участок от горловины ущелья до оси перехода и ниже его на расстояние, равное двум-трем отверстиям моста. Ширину съемки определяют, исходя из намечаемой схемы регулирования. Малые конусы площадью до 0,5 км² снимают полностью.

Для нижних вариантов пересечения конусов разрешается при наличии крупномасштабных карт съемку ограничивать участками, подлежащими регулированию, при увязке всех вариантов на схеме масштаба не мельче 1 : 10000.

При съемке уделяют внимание местам, где русловые бровки наиболее понижены, отмечают существующие и заброшенные оросительные каналы, фиксируют берегозащитные сооружения. На плане показывают места глыбовых навалов с указанием средних и максимальных размеров глыб или валунов, а также места определения гранулометрического состава отложений.

5. Русловой процесс на конусах выноса характеризуется наращиванием отметок поверхности действующей части конуса и углублением основного русла с выработкой вогнутого профиля. В результате отдельных высоких паводков возможна забивка выносами разработанных русел, выход потока на ранее бездействующую часть конуса с выработкой новых русел. Сведения об этих явлениях собирают путем визуального обследования и опроса старожилов.

При обследовании устанавливают характер изменения среднего и максимального размеров отложений по длине конуса. По растущим на конусе деревьям с занесенной частью ствола определяют шурфованием высоту отложений от начала корневой системы за период, равный возрасту дерева плюс 5—10 лет.

Интенсивность русловых деформаций на конусах выноса может быть определена по существующим гидротехническим сооружениям: положение линии грунта у этих сооружений сопоставляют с проектными чертежами и показаниями работников эксплуатационных организаций.

6. Продольный профиль конуса выноса снимают вверх от морфоствора, расположенного в горловине ущелья, на расстояние в две-три его ширины и вниз до уреза реки, в которую впадает пересекаемый водоток. Отметка урезов или пониженных точек сухих русел определяют тахеометрически. Если длина конуса более 5 км, профиль снимают в пределах детального плана, а на остальных участках профиль составляют по картам.

На небольших конусах (см. п. 1, типы а, б) продольный профиль составляют по прямому направлению от горловины ущелья до подошвы конуса; пониженные точки извилистого русла проектируют на эту прямую (см. рис. 4.3, а). Если поток сваливается в сторону от оси конуса, то составляют профили, проходящие через места расположения водопропускных отверстий.

На конусах (см. п. 1, типы в, г) продольный профиль строят по урезам с нанесением характерных отметок бровок русла.

7. На конусах выноса (см. п. 1, типы а, б, в) морфоствор снимают в горловине ущелья, определяют метки УВВ, следы селевых отложений, описывают ситуацию, определяют максимальный диаметр и гранулометрический состав отложений.

На конусах (типы в, г) дополнительно снимают один-два морфоствора в наиболее суженных местах активной зоны.

Камеральную обработку морфостворов, снятых в голове конуса выноса и на конусах (тип г), производят методами, изложенными в п. 3.5. Если расчетный расход не помещается в русле, построение зависимостей расхода от уровня выполняют для сечения, условно ограниченного вертикалями по бровкам русла.

На конусах выноса (типы а, б и в) бытовую глубину потока определяют приблизительно (п. 11.4).

8. Сель—временный горный русловой поток, состоящий из смеси воды и рыхлообломочных пород, характеризующихся резким подъемом уровней и высоким содержанием твердого материала.

Причинами возникновения селей могут быть:

- а) ливневые осадки и продолжительные обложные дожди;
- б) интенсивное таяние ледников, снежников и сезонных снегов в высокогорной части бассейнов рек в результате резкого повышения температуры (особенно в сочетании с обложными дождями или ливнями);
- в) прорыв открытых или скрытых в толще морен ледниковых озер;
- г) прорыв заторов, образованных оползнями, обвалами, снежными лавинами, массивами льда при подвижках ледников, а также прорыв искусственных плотин и перемычек;
- д) обрушение крупных массивов льда с ледовых карнизов в горные ущелья;
- е) обрушение крупных водных смерчей, проникших в ущелья горных рек;
- ж) извержения вулканов, сопровождающиеся ливневыми дождями.

Селевые потоки, особенно образовавшиеся по причинам, изложенным в пунктах «в», «г», «д», часто связываются с землетрясениями, а образовавшиеся по причинам «е» и «ж», относятся к редким, труднопрогнозируемым явлениям. Наиболее частой причиной селепроявления являются ливневые дожди.

Источниками твердой, рыхлообломочной составляющей селевых потоков являются эродированные участки горных бассей-

нов—селевые очаги: обнаженные склоны и скалистые массивы, сложенные легковыветривающимися породами, моренными отложениями, оползневые массивы (в том числе покрытые растительностью), осыпи и обвалы, русловая сеть, сложенная аллювием.

Наиболее активными источниками селеобразования являются накопившиеся у подножия крутых склонов в прирусловой зоне и в русловой сети продуктов выветривания и шлейфов мелкофракционных осей, а также подрезаемые потоком языки оползней или грунтовые массы размываемых заторов.

9. Согласно условий типизации [61] различают три типа селей: грязевые, грязекаменные и наносоводные (табл. 4.1) и три режима движения селей: турбулентный, ламинарный и структурный, определяющие динамические свойства потока и его скоростные характеристики.

Таблица 4.1

Отношение объема твердого вещества к общему объему смеси	Классификация типов селевых потоков по размерам обломков горной породы, составляющим более 50% общего объема твердой компоненты	
	более 1 мм	менее 1 мм
Более 0,5	Грязекаменные	Грязевые
Менее 0,5	Наносоводные	

10. Обследования и изыскания в селевых районах должны осуществляться в соответствии с общими требованиями к инженерным изысканиям для строительства и дополнительными требованиями, регламентирующими инженерные изыскания на территории селевых бассейнов, согласно СН 518—79 [24]. При этом производят сбор и анализ имеющихся сведений о селевых бассейнах и прохождении селей, в том числе с использованием информативных (каталоги, справочные пособия, фондовые материалы и др.) материалов Госкомгидромета СССР, а также инженерно-геологических карт и Мингео СССР и др. организаций.

Недостающие сведения и материалы получают путем проведения обследований с использованием действующего руководства по изучению селей [61] и, при необходимости, с привлечением специализированных организаций. На картах масштаба 1:25000 и крупнее, при их наличии, с использованием материалов дешифрирования аэрофотоснимков отмечают селеактивные эродированные участки бассейна и их характерные особенности.

Визуальные поправки и уточнения вносятся при облете бассейна на вертолете.

При отсутствии крупномасштабных карт производят съемки фотопланов бассейна или необходимых его участков в масштабах 1:5000 или 1:10000. Окончательные уточнения вносят при полевом обследовании селевого бассейна.

11. Полевое обследование проводят по маршруту, намеченному на карте масштаба не мельче 1 : 25000 или по фотоплану, охватывающему участок по главному водотоку от створа перехода до зоны активных очагов селеобразования. Если источниками селеобразования являются боковые притоки, то производят их обследование. Перед выходом в поле составляют маршрутную схему с нанесением основных ориентиров. Если схема составляется по карте мельче 1 : 25000, то для высотной привязки используют барометр-анероид.

12. При полевом обследовании:

а) уточняют места расположения, площади селеобразующих очагов, их тип и активность; оценивают объем рыхлообломочного материала путем шурфования или, при затруднениях, визуально по очертанию коренных бортов, глубине русел, обнажениям, промоинам в толще отложений и другим признакам;

б) выявляют места образования и определяют тип селевых потоков по характеру рыхлообломочных материалов очагов, источникам водной составляющей и характеру селевых отложений;

в) отыскивают следы прошедших селей и паводков путем съемки поперечных и продольных профилей с учетом гл. 3; устанавливают параметры живых сечений и уклоны для последующего определения скоростей течения и максимальных расходов потока;

г) выявляют места образования заторов и оценивают их размеры (высота, объем) по следам, особенно в местах сужений и поворотов русла, а также в устьях боковых притоков; отмечают места оползневых склонов, могущие стать причиной завалов русла; если места заторов расположены вблизи намечаемого перехода, возможные параметры затора определяют путем съемки поперечных и продольных профилей русла с нанесением очертаний затора;

д) на всем протяжении маршрута изучают отложения селевой массы и берут пробы мелкофракционной составляющей (менее 1 мм) для последующего исследования в лаборатории с целью оценки содержания глинистых фракций и их коллоидной активности. В трех-пяти характерных створах определяют максимальный диаметр валунов, принесенных по руслу (а не скатившихся с боковых склонов). В этих створах определяют гранулометрический состав крупнообломочного аллювия и пористость отложений, согласно прил. 4.1.

13. В результате обследований и изысканий селевого водотока представляют:

а) схематический план бассейна с нанесением площадей селеобразующих очагов, зон эрозионного поражения, характерных почвогрунтов и растительного покрова бассейна, а также с обозначением трассы продольных профилей, местоположения заторных участков, участков со следами селей, снятых поперечных сечений, мест определения гранулометрического состава и взятия проб мелкой фракции;

б) продольный профиль водотока с нанесением створов, а также мест впадения основных боковых притоков;

в) характерные поперечные профили с нанесением замеренных отметок уровней по следам прошедших паводков и селей, а также данных о грунтах, слагающих борта и русло в пределах возможного затопления при УВВ;

г) план русла прилегающего к трассе перехода, охватывающий участок на всю ширину возможного блуждания потока при длине не менее чем в две ширины разлива вверх по течению и в одну ширину вниз по течению от трассы перехода, с нанесением трассы продольного профиля по ориентированному направлению динамической оси потока и не менее чем 3-х перпендикулярных к ней поперечных сечений, включая створ перехода;

д) продольные профили по наименьшим отметкам русла и межеи по динамической оси потока с обозначенными створами поперечных сечений, снятых в пределах плана участка перехода;

е) поперечные профили в пределах полной ширины и высоты затопления с указанием отметок межеи, определенных по следам, и описанием грунтов, слагающих борта и русло;

ж) кривые гранулометрического состава отложений, в том числе по данным шурфования, обязательного для участка перехода, с указанием характерных диаметров фракций и физико-механических свойств грунтов, включая определенные по данным лабораторных исследований сведения о содержании глинистых и коллоидных фракций и коллоидной активности;

з) пояснительную записку со всеми исходными материалами и их анализом, позволяющим установить тип селя, его мощность, повторяемость и максимальные расходы и объем выносов, а также дать рекомендации по укладке трассы и размещению селепропускных отверстий (см. пп. 1.1 и 7.10).

4.5 Определение гидрологических характеристик долинных ходов трассы

1. Для трассирования дороги по долине реки необходимо знать отметки расчетных уровней $УВВ_{p\%}$ на протяжении долинного хода.

$УВВ_{p\%}$ определяют сначала камерально, с тем чтобы наметить трассу по возможности вне разлива. В этом случае продольный профиль реки составляют по картам масштабов 1:10000 или 1:25000; отметки $УВВ_{p\%}$ определяют по данным наблюдений на водпостах, а при отсутствии их — подбором расхода по характерным сечениям, снятым с карты. Значения Q определяют по генетическим формулам (см. гл. 7). Предварительное определение отметок $УВВ_{p\%}$ необходимо также для составления программы обследования реки на протяжении долинного хода.

2. Продольный профиль реки снимают в натуре и устанавливают отметки УВВ (см. гл. 3). Там же, где паводочные воды при расчетном уровне подтопляют земляное полотно, выполняют обследование для расчета скорости течения вдоль насыпи, высоты волны, ледохода на пойме, руслового процесса и выпуска

воды из части поймы, отсекаемой насыпью проектируемой дороги.

Основной съемки для составления продольного профиля реки при долинном ходе служат трасса дороги или теодолитный ход по трассе, к которым привязывают нивелирование урезов, морфостворы и план русла.

Для переноса отметок $УВВ_{p\%}$ от русла реки на трассу составляют ситуационную схему долины реки, на которой показывают трассу дороги, русло с отметками $УВВ_{p\%}$, устья притоков, гидротехнические сооружения и мосты, населенные пункты, водомерные посты, морфостворы, границы разлива и растительности.

Для составления ситуационной схемы долины используют карты масштабов не мельче 1 : 50000; план русла и ситуационные границы проверяют инструментально.

В сложных случаях перекоса водной поверхности на полугорных блуждающих реках по отметкам $УВВ$, установленным на берегах долины, определяют величину перекоса и затем на ситуационной схеме проводят горизонталы водной поверхности при расчетном $УВВ_{p\%}$.

3. Скорости течения на пойме вдоль речного откоса земляного полотна, подтопляемого при $УВВ_{p\%}$, определяют по двум морфостворам: в начале и конце участка подтопления. Если на протяжении такого участка условия протекания меняются, то снимают дополнительные морфостворы. Скорости течения на каждом пикете между морфостворами принимают по интерполяции.

Кроме того, определяют высоту ветровой волны, подходящей к откосу насыпи (см. гл. 12), по исходным данным, выявляемым по ситуационной схеме.

По скорости течения, высоте ветровой волны и мощности ледохода определяют тип укрепления откоса земляного полотна.

4. На участках, где трасса дороги может приближаться к руслу, выполняют русловые съемки. По материалам съемок прогнозируют русловой процесс (см. гл. 9) и в необходимых случаях предусматривают укрепление подмываемого берега русла или его спрямление [15].

В узких долинах горных рек, где земляное полотно может стеснить живое сечение, рассчитывают соответствующее повышение уровня воды, для чего снимают морфостворы в начале, середине и конце стеснения. Когда требуется отвод русла, в которое попадает откос насыпи, выполняют русловую съемку на протяжении отвода.

5. Проходя по долине реки, дорога отсекает части пойменной акватории и пересекает устьевые участки притоков.

Для спуска паводочной воды с отсеченной части поймы, а также для пропуска паводков на пересекаемых притоках устраивают искусственные сооружения. Отверстия таких сооружений пропускают паводочную воду в отсеченную часть поймы при подъеме уровня и выпускают при спаде уровня; в беспаводочный

период на реке сооружения могут пропускать паводки ее притоков (см. гл. 11).

Для расчета отверстий в этих условиях требуется знать объем воды, заполняющей отсеченную насыпью часть поймы. Для этого снимают план акватории в горизонталях в масштабе не мельче 1 : 10000.

Если в пределах отсеченной части поймы необходимо устроить несколько искусственных сооружений для водотоков, то выявляют водоразделы между ними или намечают мероприятия по разделению их паводочных вод. На каждом притоке снимают морфоствор в местах, где возможно установить отметки УВВ. От морфоствора на притоке до створа перехода его на пойме реки снимают продольный профиль по руслу притока. Если предполагается углубление притока для осушения заболоченной поймы, то продольный профиль снимают до впадения притока в реку.

5.1. Общие положения

1. Инженерно-геологические изыскания в обоснование проектных решений строительства моста выполняют в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01—83 [72]; СНиП II-18—76 [83]; СНиП 2.02.03—85 [73]; СНиП II-7—81 [82]; СНиП 1.02.07—87 [69]; с учетом требований СНиП 2.05.03—84, государственных стандартов, РСН 31—83 [44]; ВСН 156—88 [21]; ВСН 84—89 [19], а также других нормативных документов, регламентирующих инженерные изыскания и исследования грунтов для транспортного строительства.

Грунты должны именоваться согласно ГОСТ 25100—82.

2. Инженерно-геологические изыскания мостового перехода выполняют с целью получения материалов, необходимых и достаточных для разработки и принятия экономически целесообразных и технически обоснованных решений при его проектировании с учетом рационального использования и охраны природной среды и должны обеспечивать комплексное изучение природных условий участка проектируемого перехода. При этом на участке проектируемого строительства решаются задачи по:

изучению геологического строения массивов, распространению, сложению, составу, состоянию и свойству грунтов, их изменчивости в пространстве и во времени;

определению условий залегания, распространению, напору, составу и особенностей режима подземных вод;

установлению характера, площади развития, интенсивности проявления и особенностей протекания различных природных процессов, неблагоприятных для строительства и эксплуатации моста;

прогнозированию изменений инженерно-геологических элементов и других условий при строительстве и эксплуатации моста;

поиску, разведке и опробованию месторождений строительных материалов и грунтов.

3. Результаты инженерных изысканий должны содержать данные, необходимые для выбора типа оснований и фундаментов береговых устоев и опор, определения глубины их заложения и размеров с учетом прогноза возможных изменений морзлотных, инженерно-геологических и гидрогеологических условий участка в процессе строительства и эксплуатации моста.

4. В районах распространения вечномерзлых грунтов согласно СНиП II-18—76 дополнительно устанавливаются геокриологические условия территории: распространение вечномерзлых грунтов, их состав, льдистость, криогенные текстуры, средняя годовая температура, глубина нулевых годовых колебаний температур, физические, механические и теплофизические свойства, морфология и генезис таликов, состав, свойства и толщина слоя сезонноот-

таивающих и сезоннопромерзающих грунтов, криогенные процессы и образования, исходные данные для оценки изменения геокриологических условий в процессе строительства и эксплуатации проектируемого моста.

В рабочих чертежах фундаментов опор и береговых устоев должны быть приведены инженерно-геологические разрезы и основные данные о мерзлотных характеристиках и температуре грунтов как в природном состоянии, так и в состоянии, предусмотренном проектом на период строительства и эксплуатации моста.

5. Состав и объемы инженерно-геологических изысканий зависят от сложности инженерно-геологических условий района изысканий, стадии проектирования, конструкции и размеров моста, от конструктивных особенностей подходов к нему, размещения регуляционных и защитных сооружений, а также временных сооружений в районе строительства мостового перехода.

В районах распространения вечномерзлых грунтов состав и объемы инженерно-геологических изысканий определяют еще и выбранным принципом использования этих грунтов в качестве основания: с сохранением природного мерзлого состояния грунтов (принцип I) или с допущением их оттаивания (принцип II). При любом принципе использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований по результатам инженерно-геологических изысканий разрабатывают мероприятия по инженерной подготовке территории. Выполнение этих мероприятий должно обеспечивать сохранение расчетного температурного режима грунтов в основании моста, а также природных условий окружающей среды.

6. В зависимости от совокупности природных факторов района мостового перехода инженерно-геологические условия подразделяют на простые и сложные.

Простыми (благоприятными) в инженерно-геологическом отношении для строительства мостового перехода являются участки долин рек, где залегают:

горизонтальные (или близкие к горизонтальным), четко разделяемые слои грунта с выраженной мощностью, однородные по литологическому (петрографическому) составу, сложению (текстуре), состоянию и свойствам в пределах слоя (при общем количестве слоев не более 2-х);

неразмягчаемые скальные и полускальные породы, залегающие с поверхности или перекрытые маломощным чехлом рыхлых отложений и имеющие равномерную трещиноватость и выветренность, а также угол падения пласта менее 6° ;

рыхлые грунты, имеющие 1—2 водоносных горизонта с однородным химическим составом воды, характеризующейся отсутствием агрессивных свойств.

7. К сложным условиям проектирования и строительства относятся участки мостовых переходов, в геологическом разрезе основания которых залегают:

более четырех различных по литологии слоев грунта с резко изменяющейся мощностью;

слои грунта, одно- и разнородные по литологическому составу с резко и незакономерно меняющимися прочностными и деформативными свойствами по простиранию и толщине;

дислоцированные скальные грунты с большой и незакономерной изменчивостью прочностных свойств, имеющие сильно расчлененную кровлю, с углами простирания или падения слоев более 15° , а также перекрытые разнородными по составу и свойствам несколькими грунтами;

просадочные, вечномерзлые грунты, подземные льды, каменная соль, гипс, ангидрит, гипсоносные грунты, закарстованные известняки, мел, мергель, доломит и т. п.

К сложным условиям для проектирования мостов относятся также случаи:

с наличием в районе строительства мостовых переходов неблагоприятных склоновых, пойменных и русловых процессов (оползней, курумов, обвалов, суффозии, донной и боковой эрозии, заболачивания и др.), негативных мерзлотных инженерно-геологических процессов и явлений;

с наличием в долине реки разломов, связанных с тектоническими движениями;

с наличием напорных и сильно минерализованных (криопэгов) подземных вод.

Для определения химического состава, степени агрессивности и коррозионной активности воды по отношению к бетону и металлам (СНиП 2.03.11—85) из каждого вскрытого выработками водоносного горизонта и пересекаемого мостом водотока отбираются не менее трех проб воды. Из поверхностных водотоков пробы воды следует отбирать по возможности в летний меженный период, в зимний меженный период и во время паводков (по одной пробе у каждого из берегов и одну в середине русла).

8. Инженерно-геологические изыскания выполняют при наличии технического задания Заказчика, справки о финансировании работ, программы работ, а также сметы и графика выполнения изысканий со сроками представления отчетных материалов Заказчику.

Изыскания могут выполняться при наличии регистраций и принятии работ на учет в соответствии с действующими инструкциями Мингео СССР, а также «Положением о территориальной изыскательской организации», утвержденным Госстроем СССР.

В районах со сложными условиями инженерно-геологические изыскания должны выполняться специализированными организациями [72].

9. Программа инженерно-геологических работ в сложных инженерно-геологических условиях строительства или длине моста более 100 м должна согласовываться с ведущей изыскательской организацией, которой предоставлено право на производство изысканий и проектирование больших и сложных мостовых пере-

ходов. Изыскательские работы при длинах мостов менее 100 м могут выполняться при наличии разрешений, выдаваемых органами по делам строительства и архитектуры Исполнительных комитетов местных Советов народных депутатов.

При расположении мостовых переходов на территории городов изыскательские работы могут выполняться при наличии разрешений (регистраций) главных архитекторов городов.

10. Сроки и места производства работ устанавливаются Заказчиком и согласовываются со всеми заинтересованными организациями и в первую очередь с землепользователями.

Перед началом проведения инженерно-геологических изысканий Заказчиком или по его просьбе изыскательской организацией должны быть выполнены работы по:

согласованию проложения вариантов мостовых переходов с органами Госгортехнадзора;

оформлению временного отвода земельных участков (земель) для намечаемых изыскательских и строительных работ.

5.2. Изыскания для разработки технико-экономического обоснования (ТЭО) и технико-экономических расчетов (ТЭР) строительства

1. Целью инженерно-геологических работ, проводимых на этих стадиях, является:

оценка качества и уточнения собранных материалов, освещающих инженерно-геологические условия участка строительства для обоснования выбора оптимального варианта мостового перехода;

получение данных, необходимых для предварительной оценки возможного естественного развития физико-геологических (в том числе и мерзлотных) процессов, а также изменений инженерно-геологических условий среды под воздействием строительства и эксплуатации моста.

2. В состав работ, выполняемых для ТЭО (ТЭР) входят:

сбор, анализ, систематизация и использование фондовых материалов геолого-съёмочных работ или региональных исследований, материалов инженерно-геологических изысканий прошлых лет и других данных о природных условиях района проектируемого строительства (в том числе сведений по разведке и качеству местных строительных материалов и карьеров грунта);

дешифрирование космо- и аэрофотоматериалов, в том числе снимков, выполненных в разных зонах спектра;

аэровизуальные наблюдения;

составление отчета (пояснительной записки).

При проведении работ в районах со сложными природными условиями строительства, а также при недостаточности или отсутствии фондовых материалов в состав работ, выполняемых на предпроектных стадиях, дополнительно входят:

визуальное обследование предполагаемых вариантов мостовых переходов;

проходка отдельных горных выработок (скважин, шурфов);

выполнение геофизических методов разведки;

опробование горных выработок;

лабораторные исследования образцов грунтов и проб воды.

В районах распространения вечномерзлых грунтов, кроме того: устанавливают ориентировочные контуры площадей распространения подземных льдов, таликовых зон, негативных мерзлотных процессов и явлений;

выполняют работы по измерению температур грунтов в скважинах;

выявляют деформированные сооружения, условия и причины возникновения и развития их деформаций;

намечают участки для проведения стационарных наблюдений и исследований.

3. Согласно СНиП 1.02.07—87 [69] срок использования фактических материалов изысканий прошлых лет устанавливается с учетом изменений геологической среды.

В районах распространения вечномерзлых грунтов согласно СНиП II-18—76 [83] материалы инженерно-геологических изысканий требуют уточнений при сроке их давности более трех лет.

4. В простых инженерно-геологических условиях при хорошей изученности района предстоящих работ полевые работы на предпроектных стадиях, как правило не производят. Обоснование проектных решений выполняют на основе проработки фондовых материалов и литературных источников, собранных в подготовительный период.

На основе изучения собранных материалов производится обобщение и систематизация инженерно-геологической информации с привязкой ее к намеченным вариантам мостовых переходов.

По вариантам составляют колонки выработок, геологические разрезы, приводят данные о составе, сложении и свойствах грунтов.

В пояснительной записке, составляемой согласно требованиям СНиП 1.02.07—87 [69], дополнительно приводят характеристики возможных инженерно-геологических процессов (в том числе и мерзлотных) на существующих речных, пойменных и надпойменных участках, дают рекомендации по фундированию опор, разработке мероприятий для надежной работы постоянных и временных сооружений мостового перехода, защите этих сооружений от опасных для их эксплуатации геологических процессов.

5. На объектах со сложными природными условиями полевые инженерно-геологические работы выполняют на всех конкурентноспособных вариантах мостовых переходов.

Состав, объемы и методика проведения работ определяются организацией-исполнителем на основании технического задания Заказчика и излагаются с обоснованием в программе работ, составляемой согласно СНиП 1.02.07—87.

Перед составлением программы инженерно-геологических изысканий в район проектируемых работ производится выезд специалистов для визуального обследования намеченных участков (вариантов) мостовых переходов.

Программу инженерно-геологических изысканий составляют на основные виды изыскательских работ в минимальных объемах, т. к. после предпроектной стадии на всех сложных или крупных объектах выполняют комплексные изыскания в полном объеме для обоснования проекта и рабочей документации.

6. В ходе проведения полевых инженерно-геологических работ на всех основных элементах проектируемого мостового перехода, а также при разведке карьеров местных строительных материалов выполняют бурение разведочных инженерно-геологических скважин, проходку шурфов. В дополнение к буровым и горнопроходческим работам могут проводиться геофизические и полевые опытные работы.

7. Разведочные выработки (шурфы, скважины) и точки зондирования размещают по возможности в створе мостового перехода.

На каждом конкурентноспособном варианте назначают не менее одной выработки на каждом берегу и в русле. Скважины в русле могут быть не реже чем через 200—300 м.

8. Глубина разведочных скважин определяется из необходимости получения исходных данных для расчета фундаментов на глубину ниже зоны их опирания на величину 5—10 м, что обеспечивает кроме того возможность проверки устойчивости фундаментов по подстилающим грунтам.

При отсутствии данных о сжимаемой толще грунтов оснований фундаментов глубину скважин допускается устанавливать по табл. 37 СНиП 1.02.07—87. В районах распространения вечномерзлых грунтов глубина скважин устанавливается согласно п. 3.98 СНиП 1.02.07—87.

Зону выше опирания фундаментов при необходимости обследуют (статическим зондированием) с целью получения исходных данных для определения бокового трения и лобового сопротивления грунтов, расчета величины безопасной заделки фундаментов в грунты, а также расчетов местного и общего размывов аллювиальных грунтов.

Необходимость проходки скважин на глубину более 30—40 м должна быть обоснована сложностью инженерно-геологических условий проектирования и строительства моста.

9. Глубина разведочных скважин на подходах к мосту, регуляционных и защитных сооружениях для простых условий определяется необходимостью назначения мероприятий по обеспечению устойчивости возводимых сооружений, но не должна превышать полуторной их строительной высоты. Скважины назначают по оси сооружений не реже чем через 100—200 м.

10. При инженерно-геологическом обследовании нескольких вариантов мостового перехода дают рекомендации по каждому варианту: по типу фондирования, расчетным нагрузкам и свойствам грунтов, по местному и общему размывам. Одновременно дают оценки и рекомендации по подходам к мостам при наличии особых инженерно-геологических процессов или явлений.

По вариантам дают характеристики по свойствам, качеству и запасам местных строительных материалов и грунтов для земляных сооружений.

Задачи инженерно-геологических изысканий, методика работ и оценка условий для выбора рекомендуемого варианта даны в п. 5.3.

11. При изысканиях в районах распространения вечномёрзлых грунтов должны быть проведены термометрические наблюдения в скважинах на глубину не менее глубины распространения годовых нулевых колебаний температуры.

Измерения температуры грунтов проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 25358—90.

12. На основе материалов выполненных инженерно-геологических изысканий составляют отчет с выводами и рекомендациями по обеспечению устойчивости всех сооружений мостового перехода, с данными по запасам и качеству грунтов для устройства земляного полотна и местных строительных материалов.

5.3. Изыскания для составления проекта

1. Инженерно-геологические изыскания для составления проекта мостового перехода в случае, если рекомендуемый вариант не был выбран при разработке предпроектной документации, выполняют в два этапа.

На первом этапе выполняют работы на конкурентноспособных вариантах для оценки каждого и выбора рекомендуемого варианта на основе их технико-экономического сравнения.

На втором этапе выполняют полный комплекс инженерно-геологических работ на выбранном варианте мостового перехода.

2. Условия, состав и объемы работ на первом этапе изложены в пп. 5.1 и 5.2.

3. Элементами сравнения при выборе лучшего в инженерно-геологическом отношении (оптимального по другим технико-экономическим показателям) варианта мостового перехода является:

залегание неразмягчаемых прочных пород (скальных, полускальных, крупнообломочных и др.) на более высоких по отношению к меженному уровню воды в реке отметках;

сравнительно более ровная поверхность и меньшие уклоны кровли прочных грунтов, подстилающих аллювий;

отсутствие или меньшая интенсивность и размеры проявлений, неблагоприятных для строительства и эксплуатации моста, подходов к нему и других сооружений перехода различных русловых, пойменных, береговых, склоновых, карстовых, мерзлотных и других физико-геологических процессов на участке изысканий;

относительная близость и удобства сообщения рассматриваемого варианта с месторождениями местных строительных материалов и карьерами грунта.

А. Работы для выбора варианта мостового перехода

4. Задачи инженерно-геологических изысканий на этом этапе состоят в изучении геологического строения, гидрогеологических

условий, физико-геологических явлений и процессов, развитых на участках вариантов мостовых переходов, и в поисках месторождений местных строительных материалов и грунтов для строительства.

В районах распространения вечномерзлых грунтов задача инженерно-геологических изысканий состоит в определении участка, в пределах которого мерзлотные условия строительства будут наиболее благоприятными, а его размеры позволят разместить проектируемые сооружения мостового перехода.

Изыскания выполняют на заданных вариантах мостовых переходов. В состав изысканий для выбора варианта перехода входят подготовительные, полевые, лабораторные и камеральные работы.

5 В подготовительный к полевым изысканиям период разрабатывают техническое задание на изыскания (утверждаемое руководством проектной организации), собирают и изучают материалы по району работ и участкам вариантов мостовых переходов, составляют программу инженерно-геологических изысканий, оформляют договор и разрешение на производство работ, комплектуют изыскательские подразделения и решают другие организационные вопросы.

В районах распространения вечномерзлых грунтов на основе дешифрирования материалов аэрофотосъемки выполняется ландшафтное районирование (масштаба 1 : 25000—1 : 10000) участков, предназначенных для выбора вариантов переходов, проводится типизация инженерно-геологических и мерзлотных условий для оценки территории этих участков.

В техническом задании на выполнение инженерно-геологических изысканий указывают положение дороги и сопряженных с ней мостовых переходов по различным вариантам, границы района, в пределах которого должен быть выбран переход, приводят соображения о возможной длине моста.

При выполнении работ в районах распространения вечномерзлых грунтов техническое задание на производство инженерно-геологических изысканий дополнительно должно содержать сведения о предполагаемом принципе использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований фундаментов опор и береговых устоев.

Программу изысканий составляют на основе технического задания главного инженера проекта после изучения упомянутых выше материалов по районам и участкам работ. В программе приводят общую характеристику района, намечают состав, объемы и сроки выполнения инженерно-геологических работ, излагают методику их выполнения.

Программу утверждает руководство проектно-изыскательской организации и согласовывает Заказчик. Если изыскания и проектирование выполняют разные организации, программу согласовывают с генеральным проектировщиком. В соответствии с намечаемой программой, составом и объемами работ составляют смету на изыскательские работы.

6. В полевой период по каждому варианту мостового перехода проводят инженерно-геологическую съемку (а в районах распространения вечномерзлых грунтов—мерзлотную инженерно-геологическую съемку), геофизические исследования, буровые, разведочные и опытные работы, опробование грунтов и воды, лабораторные исследования и полевую обработку получаемых материалов [19]. В районах распространения вечномерзлых грунтов проводят измерения температур грунтов в скважинах.

7. Образцы грунтов, отбираемые из выработок, после описания геологом, контрольного просмотра начальником партии или главным геологом экспедиции, выполнения лабораторных работ и увязки геологических разрезов вариантов моста хранят до окончания изысканий, за исключением образцов, отбираемых из опорных скважин. Эти образцы сдают на хранение Заказчику.

8. Топографической основой для ведения инженерно-геологических съемок служат аэрофотоснимки, космические снимки, карты масштабов от 1 : 25000 до 1 : 10000 и топографические планы масштабов от 1 : 5000 до 1 : 500. Космические и аэрофотоснимки должны быть дешифрированы до полевых работ, а в самом начале изысканий—откорректированы на местности.

9. В сложных природных условиях для сравнения вариантов мостовых переходов, оконтуривания и выделения на аэроснимках или другой основе площадей с развитием современных физико-геологических процессов, а также с целью поисков месторождений строительных материалов и карьеров грунта могут применяться аэровизуальные обследования.

10. При пересечении селеносных долин инженерно-геологической съемкой масштаба 1 : 25000—1 : 10000 должны быть охвачены все варианты перехода. Если они удалены друг от друга на расстояние более 0,5 км, съемку ведут по каждому варианту отдельно.

11. Полоса инженерно-геологической съемки должна захватывать участки расположения регулиционных и защитных сооружений, площади срезки, но не менее чем на 400 м вверх и 300 м вниз по течению от оси перехода. Если же вблизи от моста происходят подмывы берегов, переформирования русла с образованием отмелей, кос, осередков или размывов дна при понижении местного базиса эрозии и карстовые явления заболачивания и т. п., ширину и длину полосы съемки увеличивают.

В площадь съемки включают подходы (насыпи и выемки) к проектируемому мосту, а если на террасах и склонах долины развиты обвалы, курумы, осыпи, оползни, то площадь съемки распространяют за бровку неустойчивых склонов на расстоянии 50—100 м.

При отсутствии на участке перехода неблагоприятных русловых, береговых и склоновых процессов масштаб съемки принимают 1 : 10000—1 : 5000, при их наличии—1 : 2000—1 : 1000.

12. В районах распространения вечномерзлых грунтов на основании результатов съемки по каждому варианту мостового

перехода каждому выделенному ландшафтному типу устанавливают соответствие мерзлотных инженерно-геологических условий, составляют схематическую карту мерзлотного инженерно-геологического районирования, выделяют участки, опасные или требующие особо сложной инженерной подготовки для строительства проектируемого моста, а также участки, наиболее благоприятные для его строительства.

К благоприятным для строительства следует относить участки, характеризующиеся:

- отсутствием опасных для строительства моста мерзлотных физико-геологических процессов и явлений;

- наличием обширных талых массивов;

- маломощными вечномерзлыми грунтами, когда в качестве оснований можно использовать подстилающие талые грунты;

- преимущественным распространением скальных или крупнообломочных грунтов;

- отсутствием сильнольдистых грунтов;

- однородностью мерзлотных инженерно-геологических условий.

13. В процессе съемки расчищают склоны, коренные берега, уступы террас и описывают геологическое строение их в пределах эрозионного вреза. Зондируют болота, участки со слабыми грунтами с целью определения их состава и мощности. Описывают, зарисовывают и фотографируют морфологические элементы долины и выраженные в рельефе следы различных физико-геологических процессов. При достаточной дифференциации физических особенностей пород проводят геофизические исследования. Закладывают отдельные выработки для интерпретации результатов геофизической разведки.

14. В задачи геофизической разведки входят:

- расчленение отдельных геоморфологических элементов долины на участки с различными инженерно-геологическими условиями;

- установление состава и мощности аллювия;

- выявление скрытых следов физико-геологических процессов — зон тектонических разрывов, поверхностей скольжения оползней, карстовых и суффозионных полостей, древних и современных размывов на берегах, пойме и в русле реки, погребенных льдов и в первом приближении границ вечномерзлых грунтов.

Кроме того, геофизические исследования применяют для определения мощности вскрыши и полезных ископаемых, положения уровня грунтовых вод, влажности и плотности грунтов.

Для решения перечисленных задач применяют вертикальное электрическое зондирование, электропрофилеирование, каротаж скважин, резистивиметрию, сейсмо- и гравиразведку, электродинамическое зондирование и радиоизотопные методы в различных модификациях с учетом поставленной цели и особенностей изучаемых массивов пород.

15. В районах распространения вечномерзлых грунтов по результатам электропрофилеирования (ЭП) выделяют по площади:

- участки распространения вечномерзлых и талых грунтов;

участки залегания подземных льдов и грунтов с повышенной льдистостью;

границы в плане между литологическими разностями.

По результатам применения вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) устанавливают:

границы литологических разрезов грунтов по площади и в разрезе;

границы по глубине между талыми и мерзлыми грунтами; подземные льды и льдонасыщенные зоны.

Объемы геофизических исследований (в связи с тем, что они являются пионерными по отношению к основным работам—разведке и опробованию), неоднократно корректируются в процессе изысканий.

Результаты геофизических исследований используют для целенаправленного размещения точек разведки и обоснованного определения глубин бурения на выделенных инженерно-геологических участках мостового перехода и перспективных площадей для разведки месторождений стройматериалов и карьеров грунта.

16. Буровые работы на вариантах мостовых переходов следует выполнять в минимальных объемах, обеспечивающих суждение об инженерно-геологических условиях каждого варианта.

Объемы бурения определяют с учетом строения речной долины, сложности инженерно-геологических условий и требований СНиП 1.02.07—87 [69].

17. На территории возможного размещения сооружений мостового перехода каждый участок, выделенный по геоморфологическим, инженерно-геологическим или геофизическим признакам, разведуют не менее чем одной-двумя выработками, но не реже чем через 200 м на берегах и 100 м в русле реки по оси перехода.

В сложных инженерно-геологических условиях скважины задают на поперечниках к оси мостового перехода.

Размещение скважин в районах распространения вечномерзлых грунтов должно производиться с учетом необходимости получения сведений об условиях распространения вечномерзлых грунтов, их криогенном строении, льдистости и температуре, физико-механических и теплофизических характеристиках в пределах каждого выделенного ландшафта.

18. Для оценки глубинных русловых и пойменных процессов при большой разнородности грунтов необходима проходка дополнительных разведочных скважин, расположенных между основными на глубину возможных природных размывов.

19. Глубина основных разведочных скважин на первом этапе выбора рекомендуемого варианта должна назначаться с учетом рекомендации параграфа 5.2, п. 8 настоящего Пособия, а также табл. 37 СНиП 1.02.07—87.

20. Глубина изучения инженерно-геологического разреза в районах распространения вечномерзлых грунтов должна приниматься:

при первом принципе использования нескальных вечномерзлых грунтов в качестве оснований—не менее 15 м;

при втором принципе использования вечномерзлых грунтов исходя из необходимости превышения глубины предполагаемого теплового взаимодействия проектируемого моста с вечномерзлыми нескальными грунтами не менее чем на 5 м. Во всех случаях глубина выработки в нескальных грунтах должна быть не менее 10—15 м.

При близком залегании к поверхности кровли скальных грунтов скважины проходят в скале на глубину выветрелой толщи и заглубляют в нетронутую выветриванием породу не менее чем на 1,0 м.

21. Разведочными скважинами стремятся пройти всю толщу слабых просадочных, карстующихся, подверженным смещениям, тектоническим нарушениям или вечномерзлых, содержащих подземные льды пород.

При значительной их мощности скважины проходят на глубину более 30—40 м.

При наличии в разрезе нескольких конструирующих несущих слоев оснований бурение следует вести с таким расчетом, чтобы можно было получить прочностные характеристики наиболее глубоко расположенного из них.

22. Способы бурения и диаметры разведочных скважин назначают в соответствии с требованиями СНиП 1.02.07—87.

Проходка инженерно-геологических скважин в мерзлых грунтах должна осуществляться колонковым способом без подогрева бурового наконечника, подлива в скважину и промывки любыми промывочными жидкостями. Разрешается бурение скважин с продувкой охлажденным воздухом, а также ударным способом, обеспечивающим выход керна.

Скважины проходят укороченными до 0,2—0,5 м рейсами при наименьшей скорости вращения бурового снаряда с применением ребристых коронок. Диаметр бурения инженерно-геологических скважин не менее 108 мм.

При обосновании в программе изысканий допускается ручное бурение скважин.

После окончания бурения вокруг каждой скважины (в радиусе, равном ее глубине) должны быть восстановлены естественные условия.

23. Для описания грунтов на месте проектируемого моста отбирают пробы: при ударно-канатном бурении—в ячеистые ящики из каждого слоя, но не реже чем через 0,5 м; колонковый скальный керн укладывают в ящики целиком.

Образцы грунтов для лабораторных исследований отбирают из каждого слоя, но не реже чем через 1—2 м по глубине, в глинистых грунтах при резком изменении консистенции—через 0,5 м, а в пределах возможной глубины размыва в любых породах—через 1 м. Образцы и керны хранят в течение всего времени изысканий.

24. Запрещается проходка скважин без документации и отбора образцов.

При документации скважин на вечномерзлых грунтах помимо обычного описания керна необходимо дополнительно устанавливать:

состояние грунтов (талые и мерзлые);

наличие ледяных включений и характер криогенной текстуры грунта;

суммарную мощность ледяных включений в каждом погонном метре скважины (послойно) или объемную льдистость (послойно);

для трещиноватых скальных грунтов—размеры и характер трещин и степень заполнения их льдом;

температурно-прочностное состояние мерзлых грунтов.

25. Из каждой скважины следует производить отбор образцов для определения: влажности, плотности грунта, гранулометрического состава, пластичности и удельного сцепления (для связных грунтов).

Кроме того, следует отбирать образцы для определения физико-механических и теплофизических характеристик грунтов. Но их определяют только по образцам, отобранным по выбранным вариантам перехода. Образцы с забракованных вариантов перехода ликвидируются.

В мерзлых грунтах из каждой скважины дополнительно отбираются образцы на: суммарную весовую влажность и влажность минеральных прослоев грунта; суммарную и минеральную плотность грунта.

26. Для определений плотности, прочности и деформативности из глинистых грунтов несущих слоев оснований отбирают образцы ненарушенного сложения. Монолиты грунтов твердой, полутвердой и тугопластичной консистенции отбирают обуривающими грунтоносами, мягко- и текучепластичной консистенции—задавливаемыми грунтоносами. Высоту монолитов принимают не менее 20—25 см, диаметр—не менее 10 см.

Образцы для определения плотности мерзлых грунтов должны отбираться и транспортироваться без допущения их оттаивания. Количество образцов и частных определений характеристик грунтов для каждого выделенного инженерно-геологического элемента должно быть не менее 6 и обеспечивать требования СНиП 2.02.01—83 [72] и ГОСТ 20522—75 по достоверному определению нормативных и расчетных значений.

Крупнообломочные грунты характеризуются валовыми пробами.

27. Для грунтов всех пройденных слоев определяют номенклатурные классификационные характеристики:

для песков: гранулометрический состав, естественную влажность, плотность, фильтрационные свойства;

для связных грунтов: пределы пластичности, естественную влажность, плотность, удельные нормативные сцепления;

для крупнообломочных грунтов: гранулометрический и петрографический состав;

для полускальных и скальных грунтов: петрографический состав, плотность, плотность частиц, водопоглощение, пределы прочности при сжатии в сухом и водонасыщенном состоянии. Определяют прочностные и деформационные характеристики грунтов с помощью лабораторных и полевых испытаний грунтов (в состоянии их естественного залегания).

В условиях работы на вечномерзлых грунтах при отсутствии специальных контейнеров, обеспечивающих мерзлое состояние образцов при транспортировке их в лабораторию, плотность грунтов должна определяться непосредственно у скважин, сразу же после отбора мерзлых монолитов.

28. Объемы и виды полевых испытаний грунтов (зондирование, вращательный срез, прессиометрия и др.) назначают в зависимости от характера грунтов несущего слоя основания. Точки полевых испытаний грунтов располагают, как правило, рядом со скважинами или непосредственно в скважинах, когда это необходимо, чтобы дополнить данные бурения прочностными и деформативными свойствами грунтов, полученными при полевых испытаниях.

Глинистые грунты мягко- и текучепластичной консистенции целесообразно испытывать лопастными прессиометрами, прессиометрами—сдвигомерами и крыльчатками.

В районах распространения вечномерзлых грунтов методы полевых исследований назначают в зависимости от выбранного принципа использования грунтов в качестве основания и подбирают в соответствии с табл. 42 СНиП 1.02.07—87 [69].

Термокаротажные работы проводят для определения температурного режима грунтов и выполняют во всех скважинах в соответствии с требованиями ГОСТ 25358—90 согласно СНиП 1.02.07—87.

29. В тех случаях, когда несущими будут лессовые грунты, определяют их относительную просадочность и параметры прочности в водонасыщенном состоянии.

30. Воды русла и всех подземных водоносных горизонтов опробывают для определения степени агрессивности водной среды к бетону. Ведут режимные и температурные наблюдения за водами. Определяют количественный и качественный состав водных вытяжек из засоленных грунтов.

31. Устанавливают возможность и условия получения ископаемых строительных материалов, необходимых для строительства мостового перехода из местных действующих карьеров, согласовывают сроки и объемы их поступления. Если это почему-либо невозможно или получаемые объемы недостаточны, ведут поиски и разведку месторождений согласно указаний ВСН 182—74. На наиболее перспективных по качеству материала, запасам, доступности и условиям разработки месторождениях проводят предварительную (рекогносцировочную) разведку участков.

По данным рекогносцировочной разведки определяют целесообразность детальной разведки в совокупности с другими показателями рекомендуемого варианта мостового перехода

Кроме того, производят поиск и разведку притрассовых карьеров грунта для устройства насыпей на подходах к мосту, в том числе карьеров, разрабатываемых способом гидромеханизации

32 Параллельно с полевыми работами ведут камеральную обработку материалов изысканий. Составляют инженерно-геологические или мерзлотные инженерно-геологические карты, продольные и поперечные геологические разрезы по вариантам мостового перехода. В пояснительной записке проводят сравнение вариантов мостовых переходов и дают рекомендации по выбору типа основания моста и обеспечению устойчивости других сооружений мостового перехода. Намечают и уточняют объемы дополнительных работ по выбранному варианту.

33 Для районов распространения вечномерзлых грунтов производят оценку разведанных вариантов мостовых переходов и обосновывают выбор наилучшего из них, для чего каждый выделенный в пределах конкретного варианта инженерно-геологический тип оценивают по величинам суммарной влажности; количеству ледяных включений (объемной льдистости), среднегодовым температурам грунта, нормативным глубинам сезонного оттаивания.

Кроме того, следует составлять прогноз многолетнего оттаивания грунтов при удалении снега и растительности (многолетнего промерзания на встреченных талых грунтах).

Наилучшими считаются участки, где суммарная влажность грунтов и количество ледяных включений являются наименьшими. Так как проектируемые мосты характеризуются минимальным тепловыделением, то благоприятными являются также участки с минимальными (самыми низкими) среднегодовыми температурами грунта и наименьшими нормативными глубинами оттаивания.

34 Отчет об изысканиях для выбора варианта мостового перехода составляется в соответствии с требованиями СНиП 1 02 07—87 и РСН 31—83 [44].

Б Работы на выбранном варианте мостового перехода

35 Работы на этой стадии включают получение инженерно-геологической и гидрологической информации, необходимой для проектирования всего комплекса сооружений мостового перехода с учетом требований вариантных проработок отдельных его элементов,

составление прогноза изменения окружающей среды при рассмотрении различных вариантов проектных решений по разработке конструкции моста, подходов к нему, регулиционных и других сооружений мостового перехода,

обеспечение планируемого строительства местными строительными материалами и карьерами грунта для устройства земляного полотна

36 В задачи работ входят

построение детальных инженерно-геологических разрезов по участку мостового перехода, включая подходы к мосту и различные постоянные временные сооружения,

определение состава, сложения, состояния и свойств грунтов оснований всех сооружений, выемок на подходах к мосту, карьеров грунта и строительных материалов, из которых будут возведены подходные насыпи, дамбы, регулиционные и укрепительные сооружения, детально изучают состав и свойства грунтовых и поверхностных вод,

изучение развитых на участке перехода различных физико-геологических процессов и явлений

Задачей инженерно-геологических изысканий на выбранном варианте моста в условиях распространения вечномерзлых грунтов является определение инженерно-геологических мерзлотных условий площадки, необходимых и достаточных для

размещения проектируемого мостового перехода в пределах выбранного створа,

разработки мероприятий по инженерной подготовке площадок строительства,

разработки технических решений оснований и фундаментов проектируемых опор и береговых устоев и обусловленных этим эксплуатационных мероприятий,

разработки мероприятий по охране и рекультивации геологической среды

37 Техническое задание на инженерно-геологические работы по выбранному варианту мостового перехода должно содержать топопланы с указанием местоположения моста и других сооружений мостового перехода, перечень требуемых для проектирования характеристик грунтов, рекомендации о проведении специальных, полевых и опытных исследований в связи с особенностями инженерно-геологических условий участка, требования к качеству и запасам ископаемых строительных материалов и карьеров грунта

Для районов распространения вечномерзлых грунтов техническое задание дополнительно должно содержать

особые требования к грунтам оснований для каждого проектируемого сооружения,

особые соображения по принципу использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований и по предпочтительному типу фундаментов;

характеристику температурного режима инженерных коммуникаций и предпочтительные способы их прокладки,

физические и теплофизические характеристики материала фундаментов, инженерных коммуникаций,

материалы изысканий по выбору варианта мостового перехода, если изыскания проводились другой организацией

38 Изыскания на выбранном варианте заключаются в определении и типизации ее инженерно-геологических и мерзлотных условий и в оценке вероятной изменчивости этих условий при

строительстве и эксплуатации сооружений проектируемого мостового перехода.

В состав работ входят:

- геофизические исследования;
- разведочное бурение и горнопроходческие работы с отбором образцов грунтов и проб воды из выработок;
- полевые испытания грунтов оснований сооружений для получения прочностных и деформационных характеристик;
- гидрогеологические и температурные наблюдения в скважинах, а также режимные наблюдения за развитием и протеканием некоторых неблагоприятных геологических процессов;
- лабораторные исследования образцов грунтов и проб воды;
- камеральная обработка материалов изысканий с составлением инженерно-геологического отчета.

Состав и объемы работ по выбранному варианту могут быть уменьшены, если аналогичные работы были выполнены на предыдущих стадиях и этапах в необходимых объемах.

39. На участке выбранного варианта ставят дополнительные к ранее проведенным (на первом этапе изысканий) геофизические исследования с целью уточнения положения контактов пластов, степени трещиноватости пород, местонахождения, форм и размеров разных образований (полостей, линз льдов и др.) на берегах и в русле реки, а также границ и контуров участков, выделенных по особенностям их инженерно-геологических условий.

40. Геофизические работы производят с учетом указаний п. 14 настоящего параграфа. Электрическое профилирование выполняют на берегах по взаимно перпендикулярным поперечникам, расстояние между которыми в зависимости от степени однородности ландшафта должно составлять 50—100 м с шагом профилирования 5—10 м. При этом учитываются электропрофили, пройденные при выборе варианта перехода.

Точки ВЭЗ и ЧЭМЗ размещают по сетке 100×100 или 50×50 м в зависимости от степени однородности ландшафта. Дополнительно геофизическое зондирование производят у скважин, которые рассматриваются как опорные при интерпретации материалов зондирования. Число таких точек зондирования—2—3 на каждом ландшафтном типе. Глубина зондирования назначается, исходя из превышения максимальной глубины скважин не менее чем на 10—15 м.

41. В пределах проектируемого моста, на подходах к нему и в местах размещения проектируемых регуляционных, защитных и других сооружений каждый из выделенных при выборе вариантов перехода участков должен быть разведан выработками, количество которых для простых условий строительства должно соответствовать табл. 5.1.

Для сложных инженерно-геологических условий строительства количество скважин для каждого выделенного участка может быть увеличено на 1—2, а в отдельных случаях дополнительно могут быть заданы скважины на поперечниках к оси моста.

Таблица 51

Длина выделенного участка на морфологическом элементе в пределах сооружения или подходов, м	Число выработок в русле и на каждом берегу реки	
	в пределах проектируемого моста	на подходе, регуляционном или защитном сооружении
25	1	1
25—50	1—2	1
50—100	2—3	1—2
100—500	3—5	2—3
500	не реже чем через 100 м	не реже чем через 200 м

Размещение скважин следует производить с учетом результатов проведенных геофизических работ и, преимущественно, между точками геофизического зондирования.

В случае применения геофизических методов число выработок может быть сокращено на 20—30%.

В руслах бурят с понтонов, плотов, а в зимний период—со льда.

42. Глубину разведочных скважин в пределах моста определяют в соответствии с п. 8 параграфом 5.2. Глубину разведочных скважин в основании подходов насыпей, регуляционных и защитных сооружений при их высоте до 6 м и надежном основании назначают в 3—4 м, а при большой высоте—до 6 м. При наличии слабых грунтов в основании сооружений их проходят на всю мощность, но не более полуторной высоты проектируемой насыпи; участки проектируемых выемок разведуют на всю глубину последних плюс 3 м.

Если принципиальная схема моста на этапе изысканий уже определена (известно положение и конструкция опор и устоев), то под каждую опору следует бурить скважины, число и глубину которых необходимо определять по табл. 5.2.

Таблица 52

Инженерно геологические характеристики оснований проектируемых устоев и опор моста	Число скважин под каждую опору	Глубина разведки
1. Массивные, равномерно трещиноватые или слабо выветрелые неразмягчаемые скальные и полускальные не карстующиеся породы с горизонтальным или пологонаклонным залеганием пластов и кровли толщ	1—2*	Не менее чем на 2 м ниже предполагаемой отметки заложения подошвы фундаментов
2. Слои песчано-глинистых отложений с горизонтальным или пологонаклонным залеганием, гравийные, гравийно-галечниковые и моренные отложения	1—2*	Не менее чем на 5 м ниже предполагаемой отметки заложения подошвы фундаментов или острия свай

Инженерно геологические характеристики оснований проектируемых устоев и опор моста	Число скважин под каждую опору	Глубина разведки
3 Пески средней плотности от крупных до мелких, глинистые грунты от твердой до тугопластичной консистенции, твердомерзлые песчано глинистые грунты	1—2*	Не менее чем на 10 м ниже предполагаемой отметки острия свай
4 Массивные, выветрелые и размягчаемые скальные породы от малопрочных до весьма низкой прочности с горизонтальным или пологонаклонным залеганием		
а) без прослоев слабых грунтов	1—2*	Не менее чем на 5 м ниже отметки заложения подошвы фундаментов или острия свай
б) с прослоями слабых грунтов 20%	1—2*	То же, на 10 м
5 Слабые глинистые грунты текучей консистенции, текуче- и мягкопластичной консистенции, сапрпель, ил	1—2*	***
6 Падение пластов и уклоны поверхности кровли толщи прочных грунтов превышает 10°, имеются карманы выветрелых пород и глубокие размывы	3	Не менее чем на 5 м ниже предполагаемой отметки подошвы фундаментов или острия свай
7 В массиве грунтов имеются поверхности скольжения оползней, селей и осыпей	2—3**	***
8 В массиве имеются тектонические разрывы, зоны дробления, истирания, смятия и скольжения	2—3**	Не менее чем на 5 м ниже зоны нарушения, но не более 50 м
9 В толще известняков, доломитов, мергелей и других пород имеются карстовые полости	2—3**	Не менее чем на 10 м ниже горизонта карстования
10 Имеются линзы и слои каменной соли, гипса, ангидрида, солегипсоносных пород	1—3*	***

* По длинной стороне опоры до 15 м следует бурить одну скважину, при большей длине—две и более так, чтобы расстояние между скважинами не превышало 20 м

** При невязке геологического разреза между пробуренными скважинами их количество следует увеличить

*** Глубины скважин следует устанавливать по специальным программам, исходя из особенностей инженерно-геологических условий и типа оснований, а в районах распространения вечномерзлых грунтов—согласно требованиям п 8 параграфа 52

43. Карьеры песчаных грунтов, намечаемые для гидромеханизированной разработки, разведывают в зависимости от изменений толщи полезного ископаемого по сетке от 50×50 до 100×100 м на глубину предполагаемой выработки или до подошвы толщи. Определяют гранулометрический состав, оптимальную влажность и максимальную плотность материала, а если проектируемая насыпь или дамба высотой более 12 м, то и прочностные характеристики грунта при плотности, предусматриваемой проектом.

44. При пересечении подходными, защитными и другими сооружениями проток, староречий, участков со слабыми грунтами, болот их зондируют проходкой отдельных скважин (торф, илы, сапропели на всю глубину, заглубляя выработки на 1—2 м в плотные, подстилающие породы минерального дна). На длине участка пересечения, меньшей 100 м, закладывают три поперечника из трех-пяти скважин: в начале, середине и конце болота или старицы. При большей протяженности таких участков зондировочное бурение выполняют через каждые 50 м.

Участки развития карста, суффозии, оползней и эрозии на берегах и в русле реки, подземных льдов, обвальные, закурумленные, осыпные и оползневые склоны, расгущие овраги обследуют по индивидуальным программам.

В районах распространения вечномерзлых грунтов во всех скважинах выполняют термокаротажные работы.

45. На участке проектируемого моста, на подходах к мосту и местах размещения проектируемых защитных и регулиционных сооружений отбирают пробы грунта из каждого вскрытого выработками слоя. Для всех грунтов определяют влажность через каждые 0,5 м по глубине разведываемой толщи. Для песков определяют послойно: гранулометрический состав, плотность, угол откоса; для связных грунтов—пределы пластичности, модуль деформации, угол внутреннего трения и сцепление; для грунтов, укладываемых в тело земляных сооружений—оптимальную влажность и максимальную плотность. Для расчета размывов определяют гранулометрический состав несвязных и сцепление связных грунтов. Если проектируемые насыпи и дамбы выше 12 м, то испытывают на сопротивление быстрому неконсолидированно-недренированному сдвигу грунты тела проектируемых насыпей и дамб при проектной плотности и влажности, а для участков подтопления при водонасыщении образцов. По данным испытаний устанавливают расчетные параметры природной прочности и сжимаемости слабых, текуче- и мягкопластичных связных грунтов оснований земляных сооружений (такие грунты можно испытывать на сопротивление быстрому сдвигу в лаборатории или крыльчаткой в массиве).

46. Полевые испытания водопроницаемости, прочности и сжимаемости грунтов несущей толщи назначают в тех случаях, когда трудно или невозможно отобрать образец песка, ила и других грунтов ненарушенного сложения или требуется определить характеристику породы в массиве.

Модуль деформации грунтов определяют статической пенетрацией грунтов, пробными нагружениями пород в шурфах и скважинах штампами или испытаниями прессиометрами. По данным этих испытаний получают показатели природной прочности и сжимаемости грунтов.

В лаборатории могут быть установлены также параметры задаваемой проектом или ожидаемой в эксплуатации прочности грунтов насыпей, дамб и их оснований при плотности и влажности, отличающихся от естественных.

В местах, где при вскрытии котлованов под устои проектируемого моста можно ожидать значительного водопритока, для установления размеров водоотлива и мощности наносов проводят опытные откачки.

47. В районах распространения вечномерзлых грунтов виды полевых испытаний грунтов устанавливают программой изысканий в зависимости от проектируемого принципа использования грунтов в качестве оснований.

При проектируемом строительстве на мерзлых грунтах по принципу I наиболее распространенным типом фундаментов является свайный.

В соответствии с действующими нормативными документами несущая способность основания вертикально нагруженной сваи может быть определена либо расчетом с использованием табулированных значений расчетных сопротивлений мерзлого грунта под нижним концом сваи и по ее боковой поверхности, либо по результатам испытаний свай вдавливающей нагрузкой.

При использовании грунтов по принципу II деформативные характеристики грунтов оснований назначают по результатам их определения нагреваемым штампом.

48. Режимные наблюдения за развитием карста, смещением оползней, прохождением селей, эрозионными и другими неблагоприятными явлениями проводят только при значительных размерах и интенсивности проявления этих процессов, когда они требуют в проектах дорогостоящих мероприятий.

В районах распространения вечной мерзлоты проводят стационарные наблюдения за температурой вечномерзлых грунтов, динамикой их сезонного оттаивания и промерзания, развития криогенных процессов и образований согласно требований п. 3.110 СНиП 1.02.07—87 [69].

49. При проектировании моста или других сооружений мостового перехода составляют продольный инженерно-геологический профиль и поперечные разрезы.

Обобщенные значения величин параметров прочности и сжимаемости несущих слоев оснований представляют в табличной форме.

Эти величины получают при обработке частных значений показателей свойств грунта каждого отдельно взятого инженерно-геологического элемента массива (пласта, линзы породы) на каждом проектируемом сооружении мостового перехода.

Составляют паспорта с подсчетом запасов и качественными характеристиками ископаемых строительных материалов и грунтов.

50. При мерзлотном инженерно-геологическом районировании следует составлять карту районирования в масштабе 1 : 5000—1 : 2000.

При составлении прогноза изменения мерзлотных инженерно-геологических условий следует выполнять для каждого типа участков:

определение глубин сезонного оттаивания или промерзания грунтов при удалении снега и растительности с их поверхности;

сравнительную оценку изменений температурного режима и свойств грунтов при строительстве и эксплуатации сооружений с сохранением вечномерзлого состояния грунтов оснований и без такого сохранения, а также оценку возможности развития мерзлотных физико-геологических процессов при этом;

определение изменения сейсмичности грунтов на различных участках площадки в зависимости от изменений инженерно-геологических и мерзлотных условий в связи со строительством и эксплуатацией сооружений (в сейсмических районах).

51. Прогноз изменения температурного режима грунтов оснований или составляющих температурного режима (глубин оттаивания грунтов под насыпью или отдельными сооружениями) следует определять путем теплотехнического расчета аналитически (например, по соответствующим формулам главы СНиП), моделированием или численными методами с использованием ЭВМ.

52. По результатам всех выполненных изысканий составляют заключение об инженерно-геологических условиях района и участков мостового перехода.

В его общей части характеризуют рельеф и геоморфологию, геологическое строение, гидрогеологические условия района, проводят инженерно-геологическое сравнение вариантных проработок отдельных элементов мостового перехода.

В специальной части описывают инженерно-геологические условия участка выбранного мостового перехода. Здесь содержатся разделы: геологическое строение, состав, сложение и свойства грунтов, подземные воды, физико-геологические явления, рекомендации по выбору типа основания опор и устоев моста и способам производства строительных работ, рекомендации по конструкции земляного полотна на подходах к мосту и других сооружений мостового перехода, рекомендации к расчету их устойчивости и технологии строительства, характеристики состава местных ископаемых строительных материалов, запасы и положение их месторождений.

Для районов распространения вечномерзлых грунтов текст заключения дополнительно должен содержать сведения, изложенные в п. 2.35 и п. 3.19 РСН 31—83 [44].

53. Текст заключения иллюстрируют фотографиями, зарисовками, картами и разрезами. К заключению прилагают:

карту фактического материала;
карту или план района с нанесенными вариантами мостового перехода в масштабе 1 : 5000—1 : 2000;
каталог выработок;
инженерно-геологические карты района и участков мостовых переходов разных масштабов;
продольные геолого-литологические разрезы по всем вариантам и выбранному варианту перехода, поперечные разрезы по ним;
колонки выработок и обнажений;
геоэлектрические разрезы, электро- и сейсмопрофили и другие результаты геофизических исследований;
схему расположения месторождений и действующих карьеров местных строительных материалов и грунтов для гидронамывных и сухих способов устройства подходных насыпей и дамб;
паспорта месторождений строительных материалов и грунтов;
таблицы и паспорта результатов испытаний грунтов в массиве;
таблицы и графики опытных откачек и режимных наблюдений;
результаты химических анализов агрессивных русловых и подземных вод;
таблицы обобщенных значений показателей свойств грунтов;
петрографические описания шлифов пород;
список использованных литературных источников, фондовых и отчетных материалов.

Для районов распространения вечномерзлых грунтов прилагаются дополнительно:

карта ландшафтного районирования в масштабе 1 : 5000—1 : 2000 с легендой;
карта мерзлотного инженерно-геологического районирования в масштабе 1 : 5000—1 : 2000;
таблица мерзлотного инженерно-геологического районирования;
таблица и графики результатов прогноза;
мерзлотные инженерно-геологические разрезы;
таблицы и графики термокаротажных работ.

5.4. Изыскания для рабочей документации (рабочего проекта)

1. После того, как на стадии проекта или ТЭО установлена схема моста и определено положение его опор, основная цель инженерно-геологических изысканий состоит в обосновании проектных решений по составлению рабочих чертежей фундаментов опор и способов их возведения.

При экспертизе технического проекта Заказчиком могут быть приняты отдельные решения по изменениям положения проходов, высоты проектной линии, принципиальной схемы и длины проектируемого моста, некоторым другим параметрам мостового перехода. В связи с этим проводят дополнительные инженерно-геологические изыскания.

Другой целью этих изысканий является инженерно-геологическое обоснование строительства и временной эксплуатации соору-

жений, проектируемых на строительной площадке у моста и на месторождениях ископаемых строительных материалов и карьеров грунта.

При изысканиях используется топооснова масштаба не мельче 1 : 2000.

При изменениях местоположения отдельных элементов мостового перехода проводят дополнительно изыскания на новых местах их расположения.

При изысканиях для рабочей документации (рабочего проекта) проводится детальная разведка, а в случае необходимости, доразведка месторождений строительных материалов и карьеров грунта.

Одновременно решают вопросы обследования состояния подъездных путей от карьеров грунта и месторождений к мостовому переходу.

В районах распространения вечномерзлых грунтов задачей инженерно-геологических изысканий на конкретных участках размещения проектируемых опор, устоев и других сооружений мостового перехода является детализация мерзлотных инженерно-геологических условий этих участков, достаточная для составления рабочей документации оснований и фундаментов и прочих необходимых мероприятий, выполняемых в соответствии с проектом строительства.

2. В техническом задании на инженерно-геологические работы должны содержаться плановые материалы с окончательными данными положения моста, его опор, регуляционных и защитных сооружений, подходов к мосту и временных обустройств для осуществления строительства, включая подъездные пути и дороги; приведены данные о конструкции и о величине нагрузок, передаваемых на грунты оснований; указаны необходимые для расчета оснований характеристики грунтов по всем инженерно-геологическим элементам, которые будут воспринимать нагрузки от устоев и опор моста, других постоянных и временных сооружений мостового перехода; рекомендованы специальные работы, необходимость которых может возникнуть в связи с особенностью инженерно-геологических условий мест расположения сооружений и способов производства строительных работ.

Для районов распространения вечномерзлых грунтов согласно п. 3.112 СНиП 1.02.07—87 техническое задание дополнительно должно содержать сведения о принятом принципе использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований.

3. В программе работ приводят краткие характеристики инженерно-геологических условий участков всех проектируемых сооружений и устанавливают объемы, сроки и методы проведения работ. Программу согласовывает главный инженер проекта и утверждает руководство проектно-изыскательской организации.

4. Основными видами инженерно-геологических работ при выполнении изысканий являются: разведочное бурение, проходка шурфов (шахт), испытания грунтов в массиве, опытные работы,

лабораторные исследования и камеральная обработка результатов.

В районах распространения вечномерзлых грунтов выполняют термокаротажные работы во всех пройденных скважинах.

5. Примерные объемы разведочных работ на площадке устройства основания одной опоры (устоя) моста для различных инженерно-геологических условий указаны в табл. 5.2. Если на площадку проектируемой опоры попали выработки, пройденные ранее, объемы планируемой разведки и отвечающего ей опробования вскрываемых грунтов и вод соответственно сокращают.

Одну скважину проходят по центру площади проектируемого контура фундамента опоры. Две скважины размещают за пределами контура опоры, на расстоянии от него до 1—2 м по продольной (вдоль течения) оси опоры и на равных расстояниях от оси моста. При проходке трех скважин, две из них размещают параллельно оси опоры, вдоль длинной стороны, а третью—по оси моста, но все за пределами контура опоры и на расстоянии 1—2 м от него. В плане скважины должны образовывать треугольник. При четырех скважинах располагают по две скважины на оси моста и оси опоры, но за пределами ее контуров и на расстоянии 1—2 м от них.

В тех случаях, когда разведка обнаружила в расстоянии до нескольких метров от опоры моста карстовые полости, подземные льды или слабые грунты, для определения точного положения и размеров этих образований закладывают дополнительные скважины в стороне от опор проектируемого моста.

6. Глубины скважин устанавливают в соответствии с проектом оснований и фундаментов.

На немерзлых грунтах глубины скважин назначают согласно требований пп. 3.40, 3.64, 3.67 СНиП 1.02.07—87.

В районах распространения вечномерзлых грунтов глубину скважин устанавливают согласно требований п. 3.98 и п. 3.115 СНиП 1.02.07—87.

7. В соответствии с пп. 3.97 и 3.109 СНиП 1.02.07—87 во всех скважинах, пройденных на площадках, должны выполняться замеры температур.

8. При использовании в качестве основания грунтов в пластичномерзлом, оттаивающем или оттаявшем состоянии, кроме случаев проектирования висячих свай в пластичномерзлых грунтах, если это диктуется необходимостью, проходят шурфы, как правило, чередуя их со скважинами. В них проводят полевые опытные работы (испытания штампами, в том числе и горячими, пинетрация и др.), отбирают монолиты мерзлых грунтов для более детального изучения геологического разреза. В мерзлых крупнообломочных грунтах из шурфов производят отбор пород на влажность (льдистость) и плотность, что невозможно определить по опробованию из скважин.

9. Глубина шурфов при использовании пластичномерзлых грунтов в качестве оснований определяется мощностью сжимае

мой толщи, а при использовании оттаивающих грунтов—предельным положением подошвы чаши оттаивания, установленной проектом.

При проходке шурфов взамен скважин в твердомерзлых грунтах их глубину определяют глубиной заложения свай, а при прочих типах фундаментов она должна быть на 1,0 м больше глубины заложения фундаментов.

Шурфы после проходки и выполнения полевых опытных работ или отбора образцов следует ликвидировать с послойным уплотнением засыпки.

10. Из скважин отбирают образцы, монолиты пород и пробы воды для лабораторных исследований в том же составе и объемах, что для стадии проекта (см. пп. 23—26 параграфа 5.3), опробуя каждую выработку. Должен быть опробован каждый инженерно-геологический элемент вскрываемой толщи грунтов. Для всех грунтов ненарушенного сложения в состоянии естественной влажности определяют параметры природной прочности. Глинистые грунты несущей толщи испытывают на сжимаемость; для набухающих грунтов определяют влажность, величину и давление набухания; для просадочных—относительную просадочность. Устанавливают растворимость и размягчаемость в воде полускальных (скальных) соле-гипсоносных и карбонатных пород.

Порядок отбора проб грунтов для лабораторных испытаний, их количество для статистической обработки и виды лабораторных испытаний те же, что для стадии проекта (см. пп. 23—26 параграфа 5.3). В обработку включают результаты лабораторных и полевых (в массиве) испытаний грунтов несущей толщи, выполненных на всех стадиях и этапах изысканий: разработки предпроектной документации, проекта и рабочей документации.

Для некоторых грунтов причины набухания, склонность которых к быстрому выветриванию и выщелачиванию не выяснена (монтмориллонитовые и бентонитовые глины, аргиллиты, засоленные и другие породы), возникает необходимость минералопетрографического анализа, определения состава и степени засоления, состава поглощенных катионов, химического анализа и др.

Если проектом предусмотрено строительство на оттаивающем или предварительно оттаянном основании, из скважин и шурфов следует производить также отбор образцов для определения органических включений в количестве не менее шести образцов на каждый инженерно-геологический элемент.

11. Испытания грунтов в массиве и опытные работы производят в том же составе и объемах, что при изысканиях для проекта (см. пп. 28 параграфа 5.3) Режимные наблюдения проводят в соответствии с п. 3.110 СНиП 1.02.07—87.

Для проведения лопастных, штамповых и прессиометрических испытаний, опытных откачек, гидрогеологических и температурных режимных наблюдений, изменений оползневых подвижек на склонах и в русле реки оставляют специальные скважины. Все

остальные, а также и оставшиеся после полевых испытаний выработки ликвидируют, заполняя скважины по мере извлечения обсадных труб уплотняемыми связными грунтами (тампонируют).

В перспективе по окончании режимных наблюдений ликвидируют таким же путем и специальные скважины.

12. Опытные полевые работы на вечномерзлых грунтах выполняют для определения деформационных характеристик пластично-мерзлых, оттаивающих и предварительно оттаянных грунтов, а также для определения несущей способности свай в пластично-мерзлых грунтах.

При использовании грунтов в качестве оснований в пластично-мерзлом состоянии выполняют:

а) для свай—испытания их несущей способности статической нагрузкой;

б) для других типов фундаментов—испытания грунтов штампами со статическими нагрузками.

При использовании грунтов в качестве оснований в оттаивающем или предварительно оттаянном состоянии коэффициенты оттаивания и уплотнения грунтов устанавливают испытаниями статической нагрузкой на «горячие» штампы.

Количество и места испытаний назначают по согласованию с Заказчиком и особо оговаривают в программе.

13. Испытания грунтов статической нагрузкой обычными и «горячими» штампами производят в шурфах на всю глубину сжимаемой толщи. При испытаниях пластично-мерзлых грунтов определяют послойно их коэффициент сжимаемости, при испытаниях мерзлых грунтов «горячими» штампами отдельно определяют коэффициенты оттаивания и сжимаемости для каждого слоя.

Количество этих испытаний по каждому инженерно-геологическому элементу устанавливается программой работ, исходя из требований СНиП по проектированию зданий и сооружений.

14. На участках перетрассировок, изменения положения защитных и регуляционных сооружений инженерно-геологические работы выполняют в том же составе, что для проекта. Объемы работ должны быть достаточными для окончательного принятия наиболее экономичных и надежных проектных решений по каждому отдельному сооружению мостового перехода.

15. Строительные площадки у моста и карьеров, где будут размещаться здания и временные сооружения, при наличии плотных грунтов и положения максимального уровня грунтовых не ближе 2 м от поверхности земли разведуют по контурам сооружений скважинами глубиной 10—12 м. Грунты каждого вскрытого при этом слоя опробуют, определяя их номенклатурные строительные характеристики (плотность, влажность, пределы пластичности, гранулометрический состав и др.).

16. По результатам инженерно-геологического изучения оснований опор моста составляют уточненные продольные геолого-литологические разрезы мостового перехода, поперечные разрезы

под каждой опорой (устоем) и дают описание выявленных инженерно-геологических условий.

17. Состав и содержание технического отчета (заключения) по инженерно-геологическим изысканиям на стадии рабочей документации должен соответствовать требованиям прил. 9 и п. 3.116 СНиП 1.02.07—87 [69].

В дополнение к требованиям СНиП 1.02.07—87 по данным изысканий местных строительных материалов и грунтов для устройства подходов и других земляных сооружений составляют в отчете отдельный раздел.

6.1 Цели, организация и методы исследований

1 Под научным сопровождением проектов мостовых переходов понимается проведение исследований и специальных расчетов с целью определения, уточнения или обоснования гидрологических параметров, размеров и компоновки сооружений, учета особенностей протекания потока и др. факторов, влияющих на принятие проектных решений

2 К научному сопровождению необходимо прибегать при проектировании мостовых переходов через крупные реки (с шириной русла свыше 200—250 м), групповых отверстий, а также переходов, которые будут работать в сложных климатических, ситуационных, гидрологических и прочих условиях, трудно учитываемых существующими на момент проектирования методами расчета. В указанных случаях проведение исследований является экономически оправданным, так их результаты обычно позволяют снизить стоимость объекта на сумму, не менее чем в пять-шесть раз превышающую затраты на исследования.

Результаты исследований, даже в тех редких случаях, когда не приводят к экономическому эффекту, позволяют проектировщикам более обоснованно принимать (а на последующих стадиях защищать) те или иные технические решения.

3 Научное сопровождение проводится обычно на стадии ТЭО или проекта специализированными организациями, располагающими лабораторной базой, измерительной аппаратурой, вычислительной техникой и кадрами соответствующей квалификации.

Желательно, чтобы профиль организации, проводящей исследования, был близок к проблемам мостовых переходов. Это приводит к более тесному и эффективному сотрудничеству при решении всего комплекса задач.

4 Проведение исследований должно быть предусмотрено в смете на выполнение проектных работ. На стадии составления сметы могут быть учтены три этапа исследований:

сбор данных и подготовка к работе «объекта» для изучения гидравлико-гидрологических явлений, причем в качестве объекта может служить в зависимости от метода исследования физическая или математическая модель,

производство расчетов или экспериментов,

анализ результатов исследований с составлением научно-технического отчета и рекомендаций.

Полная стоимость исследований обычно определяется на договорных началах.

Время, необходимое для выполнения исследований, связано с объемом и сложностью решаемых задач, а также с принятой методикой исследований, обычно от четырех до 12 месяцев.

5. Договор на выполнение исследований должен включать, наряду с финансовыми документами «Программу работ», которую согласовывают с Заказчиком (проектной организацией). Программа должна содержать: обоснование необходимости исследований; цели и методику проведения работ; круг конкретных вопросов, на которые предполагается дать ответ; сроки представления материалов Заказчику.

6. Основным методом исследований задач проектирования мостовых переходов является моделирование гидравлических явлений и перенос полученных сведений в натурные условия. Моделирование подразделяют на физическое и математическое.

Физическая модель представляет собой лабораторную установку (гидравлический лоток, русловую площадку, воздушно-напорную установку), на которой могут быть воспроизведены в уменьшенном масштабе исследуемые процессы, протекающие в натуре. Математической моделью называется замкнутое непротиворечивое математическое описание (с помощью формул дифференциальных и интегральных уравнений и т. п.) изучаемого явления.

С развитием вычислительной техники все большее внимание уделяется математическим моделям, реализующим заданные уравнения и соотношения путем последовательного выполнения математических операций.

7. Сравнительный анализ возможностей применения физического и математического моделирования показывает, что каждый из видов моделирования имеет свои достоинства и недостатки. Результаты, полученные на физических моделях, обычно справедливы в относительно небольшом диапазоне изменения физических условий. Основная трудность при проведении физического моделирования связана с удовлетворением критериев подобия и пересчете опытных данных в натуру.

Математическое моделирование выгодно отличается от физического полным отсутствием так называемого масштабного эффекта, а также возможностью варьировать значения определяющих параметров задачи в широких пределах. Однако следует помнить, что любая математическая модель является лишь той или иной степенью приближения к описанию реальных физических процессов и не может учесть влияния всех факторов. Практика показывает, что наиболее полные и достоверные результаты можно получить сочетанием физического и математического моделирования, когда один и тот же объект моделируется обоими способами целиком или фрагментарно.

8. Для исследования на моделях требуются обычно следующие исходные данные:

а) план моделируемого участка реки. В зависимости от ширины речной долины B требуемый масштаб плана (карты) участка реки должен быть не мельче:

B , км	<1	1—2	3—5	>10
1 : M	1 : 1000	1 : 2000	1 : 10000	1 : 25000

При использовании карт ($B \geq 3$ км) необходимо иметь промеры глубин в характерных створах русел и протоков на всем протяжении моделируемого участка;

б) связь расходов воды с уровнями в створе моста и данные об уклоне свободной поверхности в паводок с целью возможности переноса отметки уровня на нижнюю границу модели;

в) характеристика грунтов в русле и на пойме в толще возможного размыва;

г) полевые (особенно гидрометрические) материалы о распределении расходов воды между руслом, поймами и протоками; геоботаническая характеристика морфологически однородных участков речной долины для выявления коэффициентов шероховатости и пр.;

д) проектные решения.

6.2. Физическое моделирование

1. Физические модели устраивают в гидравлических лотках или открытых русловых площадках (гидравлические безнапорные модели) и на воздушно-напорных установках (аэродинамические модели), в которых вода моделируется воздухом.

Гидравлические модели могут быть жесткие и размываемые; аэродинамические—жесткие.

Жесткие модели позволяют определять направление токов и распределение скоростей потока, а жесткие гидравлические—картину водной поверхности, включая волновые воздействия. Размываемые модели дополнительно дают количественную оценку русловым деформациям с учетом времени воздействия расхода воды.

2. Физическое моделирование [93] основывается на теории подобия. При моделировании гидравлических явлений стремятся обеспечить механическое подобие, включающее: геометрическое, кинематическое (поля скоростей потока в пространстве и во времени) и динамическое подобие (подобия систем действующих сил различной физической природы—инерции, тяжести, давления, вязкости и т. д.).

Механическое подобие изучаемых гидравлических явлений у мостовых переходов для потоков природы и модели обеспечивается при геометрическом подобии и равенстве (*idem*) чисел Фруда Fr , Рейнольдса Re и приведенного коэффициента гидравлического трения λ_n :

$$Fr = v^2/gH = idem; Re = vH/\nu = idem; \lambda_n = \lambda \frac{B}{H} = idem,$$

где V , H , B —характерные скорость, глубина и ширина потока; ν —кинематический коэффициент вязкости, характеризующий свойства жидкостей и газов; $\lambda = \frac{2g}{C^2}$ —коэффициент гидравлического трения; C —коэффициент Шези

При исследовании на размываемых моделях к вышеперечисленным критериям подобия должны быть добавлены критерий подобия транспорта наносов. Однако в связи с большой неоднозначностью выбора таких критериев трудно дать какие-либо кон-

кретные рекомендации, применимые в широком диапазоне условий.

Полное механическое подобие обеспечить практически невозможно, в связи с чем при условии геометрического подобия для гидравлических моделей, где определяющую роль играют силы инерции и тяжести, исходят в основном из критерия $Fr = idem$. Критерий Рейнольдса при этом не должен быть на модели меньше некоторого минимального значения ($Re \geq 10^4$), обеспечивая так называемую автомодельность по числу Рейнольдса.

Для напорных (аэродинамических) моделей, на которых поток находится в основном под воздействием сил инерции и внутреннего трения (при обтекании шероховатых поверхностей русла, пойм, струенаправляющих дамб и т. д.), определяющим является критерий Рейнольдса.

3. Если размеры экспериментальных установок не позволяют моделировать весь требуемый участок реки в масштабе, определенном по условию воспроизведения на модели минимальных глубин потока (например, на пойме), то прибегают к искажению масштабов модели (т. е. принимают горизонтальный масштабный множитель M_B больше вертикального M_n).

При геометрическом искажении масштабов основным критерием подобия модели с натурой становится $\lambda_n = \lambda \frac{B}{H}$.

Из приведенного критерия устанавливают допустимое соотношение между плановым и вертикальным масштабом модели. Связь масштабных множителей некоторых параметров с плановым масштабом модели и принятыми критериями подобия показана в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Условия моделирования	Критерии подобия	Масштабный множитель для пересчета в натуру		
		вертикального размера M_n	скорости потока M_v	времени M_t
Геометрическое подобие	Fr	M_B	$M_B^{1/2}$	$M_B^{1/2}$
Геометрическое подобие, включая грунт	$\frac{v}{v_0}$	M_B	$(M_B M_d)^{1/4}$	$M_B^{3/4} / M_d^{1/4}$
Геометрическое искажение при масштабе грунта, равном вертикальному масштабу	$\frac{\lambda B / H}{(M_d = M_n)}$	$M_B^{3/4} M_n^{3/2}$	$\frac{M_Q}{M_B^{7/4} M_n^{3/2}}$	$\frac{M_B^{11,4} M_n^{3,2}}{M_Q}$
Геометрическое искажение, включая грунт	$\lambda \frac{B}{H} \frac{v}{v_0}$	$M_B^{3/4} M_n^{3/2}$	$M_B^{3/6} M_d^{1/4} M_n^{3,8}$	$\frac{M_B^{13,16}}{M_n^{3/8} M_d^{1,4}}$

Примечание M_B, M_Q, M_n, M_d — масштабные множители соответственно планового размера модели, расхода воды, шероховатости и грунта. Размывающая скорость принята по формуле Б. И. Студеничкина. Коэффициент Шези принят по формуле Маннинга — Павловского.

При выборе линейных масштабов необходимо стремиться к минимальному геометрическому искажению $\varphi = M_B/M_n$. Рекомендуется допускать геометрическое искажение модели $\varphi \leq 4-5$.

4. При геометрическом искажении модели для достижения подобия в движении наносов, обеспечении турбулентного режима и т. п. числа Фруда на модели приходится задавать большими, чем в натуре (т. е. нарушать условие $Fr = idem$). Это не влечет за собой искажения процессов, изучаемых на модели.

Возможность получения достоверных данных при неполном механическом подобии объясняется тем, что при увеличении на модели значений критерий подобия имеет место так называемая автомодельность явления на модели и в натуре, т. е. независимое от каких-либо геометрических или гидравлических параметров «автоматическое» воспроизведение на модели гидродинамической картины движения жидкости на моделируемом участке.

С явлением автомодельности связана возможность значительного увеличения (форсировка) расхода воды на модели, применяемая на жестких гидравлических мелкомасштабных моделях для получения турбулентного потока.

Форсировка расхода, при которой не соблюдается критерий Фруда, используется на размываемых моделях, когда масштабный множитель крупности (или размываемости) грунта нельзя принимать равным линейным масштабным множителям (например, когда русло сложено песчаным или связным материалом). В этом случае гидравлические характеристики потока на размываемой модели должны удовлетворять условию $v/v_0 = idem$, где v_0 — критериальная скорость (например, размывающая) на соответствующих вертикалях природы и модели.

5. Аэродинамическая модель позволяет воспроизводить моделируемый участок реки при меньшем геометрическом искажении φ , чем на гидравлической модели, поскольку минимальная глубина потока, лимитирующая вертикальный масштаб, на аэродинамической модели может задаваться значительно меньше (до 3—4 мм при 3—4 см на гидравлической модели).

Другим преимуществом аэродинамической модели является ее мобильность — возможность быстрой замены на ней элементов рельефа и ситуационных условий.

Указанные преимущества аэродинамической модели предопределили метод фрагментального моделирования, основанного на получении общей картины протекания потока (и соответственно выбора принципиальных проектных решений) на мелкомасштабной (аэродинамической) модели с дальнейшим детальным изучением фрагмента потока на размываемой гидравлической модели.

6.3. Математическое моделирование

1. Математическое моделирование представляет собой относительно новое направление научных исследований, бурно развивающееся в последние десятилетия в связи с прогрессом средств вычислительной техники.

Под математическим моделированием обычно понимается изучение явлений при помощи массовых многовариантных расчетов с применением быстродействующих ЭВМ на основе численного решения уравнений, являющихся математической моделью процесса.

2. При моделировании мостовых переходов используют математические модели не прямой аналогии, т. е. вычислительные алгоритмы, реализующие заданные уравнения и граничные условия путем последовательного выполнения математических операций. В качестве исходных принимают (в зависимости от целей исследования) одну из систем уравнений движения жидкости (Сен-Венана, Эйлера, Навье-Стокса, Рейнольдса), уравнение неразрывности, а также дополнительные формулы и уравнения, описывающие изучаемое явление (например, для русловых деформаций—формулы расхода наносов, уравнение баланса наносов и т. п.). Уравнения должны быть дополнены граничными (краевыми) и начальными (при исследовании нестационарных задач) условиями, которые «привязывают» универсальную математическую модель к конкретным условиям. Для решения начально-краевых задач широко используются методы конечных разностей или конечных элементов, основанные на аппроксимации исходных уравнений их дискретными аналогами на специальном образом построенных расчетных сетках.

Характерные примеры использования математического моделирования для решения задач проектирования мостовых переходов в сложных условиях приведены в прил. 6.1.

3. Принципы математического моделирования во многом сходны с принципами физического моделирования. На первом этапе необходимо построение численной модели, которая включает в себя систему уравнений и граничных условий, алгоритм и реализующую его программу для ЭВМ.

На втором этапе производят основные расчеты, при которых варьируют те или иные параметры задачи (расходы, уровни, отверстия моста, размеры и форма струенаправляющих дамб). Как и при физическом моделировании, может применяться фрагментарный подход, когда отдельные фрагменты течения исследуются более детально, например, на более густой расчетной сетке или с использованием другой математической модели. При выполнении третьего этапа, составляющего анализ результатов и выдачу рекомендаций, можно эффективно использовать широкий арсенал периферийных устройств ЭВМ для графического изображения полученных результатов. Исходные данные для проведения физического и математического моделирования одни и те же.

Вместе с тем между рассматриваемыми видами моделирования имеется ряд существенных отличий. Прежде всего, математическое моделирование производится всегда в реальном масштабе, т. е. исчезают трудности с удовлетворением критериев подобия и пересчетом результатов в натуру (отсутствует масштабный эффект). Возможный диапазон изменения параметров при матема-

тическом моделировании обычно больше, чем при физическом, причем в первом случае можно независимо проанализировать влияние того или другого параметра (например, шероховатости, уклона дна и т. п.), что при физическом моделировании иногда затруднено или невозможно. При наличии отлаженных программ произвести серийные расчеты с перебором многих вариантов быстрее и легче, чем выполнить большое число физических экспериментов.

4. Недостаток математического моделирования связан прежде всего с тем, что любая математическая модель является лишь определенной идеализацией физического процесса. При этом экспериментатор-вычислитель работает не с дифференциальными уравнениями, а с их дискретными (разностными) аналогами. Процесс дискретизации уравнений зачастую меняет не только количественное, но и некачественное поведение решений. Поэтому для оценки различных методик при заключении договоров на конкурентной основе должны быть использованы следующие критерии:

а) точность решения системы использованных уравнений, определяемая тестами, имеющими аналитическое решение (например, из одномерных тестов наиболее известным является так называемая задача о разрушении плотины);

б) совпадение вычислительных результатов с измеренными в натуре (хорошо использовать гидрометрические данные, причем не обязательно для экстремальной ситуации);

в) минимум эмпирических констант при одинаковой общности решений;

г) непрерывная зависимость решения от исходных данных (при малых изменениях входных параметров соответственно слабо должно меняться и решение);

д) простота реализации.

Каждая вновь разработанная численная модель должна все-стороннее тестироваться, т. е. необходимо проводить сравнения с точными решениями, экспериментальными данными, проверять сходимость решения по сетке (при дроблении сетки) и по временному шагу и т. п. Без проведения тестирования нельзя приступать к расчетам реальных объектов.

При наличии натуральных измерений должна производиться дополнительная тарировка численных моделей (например, корректировка шероховатостей поймы и русел) с тем, чтобы расчеты согласовывались с измерениями. После этого можно проводить собственно математическое моделирование, проигрывая различные проектные решения.

6.4. Основные принципы назначения запасов размеров сооружений мостового перехода с позиций теории надежности

1. Требования безопасного и бесперебойного движения транспортных средств, предъявляемые к мостовому переходу, удовлетворяются только в условиях надежной работы всех его сооружений при воздействиях водных потоков, волн и льда. При этом под

надежной работой понимается сохранение работоспособного состояния в течение заданного времени, а отказом (выходом из строя)—неспособность сооружения полностью или частично выполнять свои основные функции. Для мостового перехода отказом является такое состояние, когда происходит перерыв движения.

2. В настоящее время для оценки надежности сооружений и устройств во многих областях техники широко используется общая теория надежности, основные положения которой сводятся к следующему:

1) В реальных условиях на детерминированные процессы (вызванные действием известных по величине и направлению факторов) всегда накладываются случайные (вероятностные), которые должны учитываться при назначении размеров сооружений.

2) Равноответственные сооружения (элементы) одного объекта (называемого системой) должны проектироваться по принципу равнонадежности их работы.

3) Систему рассматривают как замкнутую цепь из последовательно и параллельно соединенных элементов, а отказ—разрыв в цепи.

По равноответственности сооружения мостового перехода подразделяются на основные и второстепенные. К основным относят мост, насыпь подходов и водоразделительные дамбы, утрата работоспособности (отказ) любого из которых приводит к отказу всей системы. По этой же причине их соединение в «замкнутой цепи» системы «мостовой переход» должно быть последовательное.

Второстепенные сооружения мостового перехода (струенаправляющие дамбы, поперечные регуляционные сооружения) устраивают с целью обеспечения эффективной (безотказной) работы основных сооружений. Их выход из строя еще не влечет за собой отказ всей системы (перерыв движения). Поэтому второстепенные сооружения соединяются с основными параллельно.

Поскольку числовой мерой случайности является вероятность, то количественно надежность характеризуется вероятностью безотказной работы сооружений или уровнем надежности. При этом запасы в размерах сооружений рассматриваются как доверительные интервалы, за пределы которых не будут выходить величины рассчитанных размеров сооружений с заданной вероятностью (равной уровню надежности).

3. Требования СНиП 2.05.03—84 по назначению запасов размеров сооружений, хотя и основываются на имеющихся данных об эксплуатации переходов, в количественном отношении не имеют обоснований и не все отвечают положениям теории надежности. Так, величины запасов (надежность) принимаются постоянными независимо от категории дороги (ответственности сооружения); запасы не связаны с учетом возможной ошибки в размерах сооружений. Иллюстрацией сказанного служит, например, технический запас при назначении бровки земляного полотна, ко-

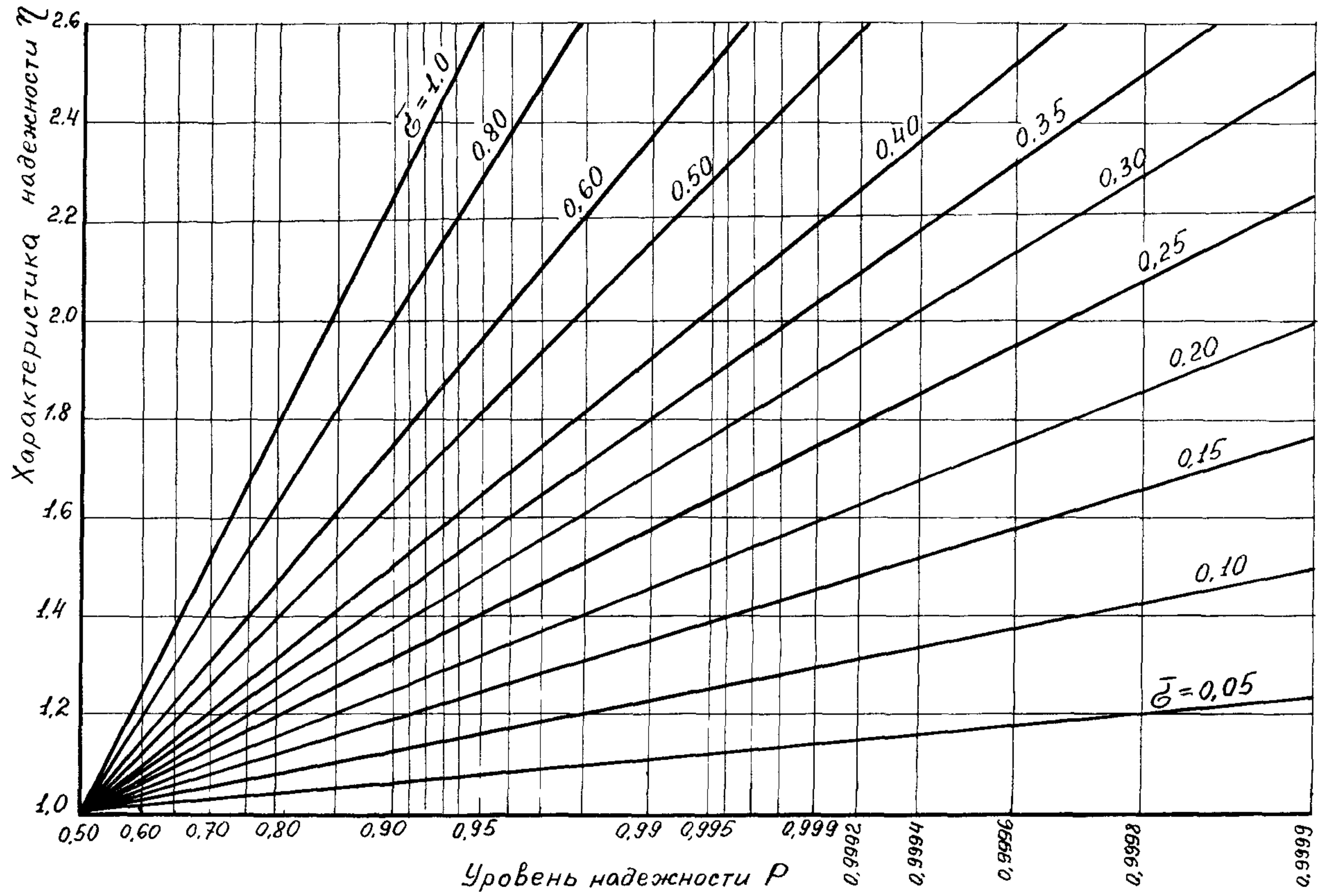


Рис. 6.1 График для определения характеристики надежности η

торый равен 0,5 м для всех категорий дорог и любых глубин потока на пойме (будь то 0,5 или 5 м). В результате применения укрупненных норм без дифференциации их в зависимости от фактических гидрологических воздействий размеры сооружений назначают с завышенными или недостаточными запасами.

4 В ЦНИИСе разработана методика назначения запасов размеров сооружений мостовых переходов на основе теории надежности [5], основные положения которой сводятся к следующему:

1) Предложена модель мостового перехода с позиции теории надежности, представляющая собой замкнутую цепь из последовательно и параллельно соединенных элементов, являющихся соответственно основными и второстепенными сооружениями мостового перехода. Модель позволяет определить уровень надежности любого элемента сооружения мостового перехода в зависимости от уровня надежности элемента более высокого ранга (например, высоту насыпи от уровня надежности насыпи в целом) и, в конечном счете, от уровня надежности P мостового перехода в целом

2) Оптимальный уровень надежности P мостового перехода в целом определяется из целевой функции, характеризующей минимум строительно-эксплуатационных затрат в зависимости от категории линии, размеров перехода и числа доминирующих гидрологических воздействий

3) Определение запасов Δx_i размера x_i сводится к нахождению характеристики надежности $\eta_i = \frac{x_i + \Delta x_i}{x_i}$ i -го элемента соору-

жения из уравнения, связывающего характеристику η_i и уровень P_i надежности i -го элемента в зависимости от точности детерминированного (т. е. с известными по величине и направлению факторами) расчета определяемого размера, характеризуемого безразмерным среднеквадратичным отклонением $\bar{\delta}$ рассматриваемой величины (рис. 6.1). Значения $\bar{\delta}$ для большинства величин, определяемых гидравлическим расчетом (глубин размыва и потока подпоров и т. д.), приведены в [15].

7.1. Требования к исходным материалам и вероятности превышения расчетных гидрологических параметров

1. Гидрологические расчеты включают определение расходов и уровней воды требуемой вероятности превышения; расчетных параметров ледового режима и ветровых волн; гидрографы паводков и частоту затопления пойм; объем выносов селевых потоков.

По результатам гидрометрических и морфометрических работ получают связи расходов воды с уровнями и скоростями течения, а также распределение расходов воды между руслом и поймами.

2. Гидрологические расчеты следует выполнять на основе материалов гидрометеорологических наблюдений, содержащихся в публикуемых материалах, перечень которых приведен в п. 1.3. При этом обязательным является проверка достоверности результатов сбора и обработки этих наблюдений. На качество опубликованных результатов стационарных гидрометеорологических наблюдений в значительной мере могут повлиять отсутствие данных о водопрпускной способности пойм, заторы русел, пропуски максимумов гидрологических величин, повреждения измерительных устройств, описки и пр. Поэтому необходимо выполнять анализ достоверности исходных данных с соответствующей корректировкой и выбраковкой.

Между годами опубликования исходных данных наблюдений и годом выполнения гидрологических расчетов может быть значительный перерыв времени. Для восполнения этого периода данными наблюдений необходимо получение недостающей информации непосредственно на водпостах или в соответствующих организациях. Поэтому необходимо максимальное использование материалов проектирования и эксплуатации ранее построенных мостовых переходов и других гидротехнических сооружений, находящихся вблизи от проектируемого моста, данных опроса старожилов о наиболее высоких паводках, а также их меток и следов на местности.

3. Основу гидрологических расчетов должны составлять результаты инженерно-гидрометеорологических изысканий, предусмотренных СНиП 1.02.07—87 и подробно рассматриваемых в главах 3—4.

При определении расчетных гидрологических характеристик должны соблюдаться требования СНиП 2.05.03—84, СНиП 2.01.14—83 и СНиП 2.06.04—82. Порядок расчетов расходов воды и волновых воздействий изложены в соответствующих Пособиях [52, 62]. Допускается при надлежащем обосновании использование других методов расчета, осуществляя параллельные расчеты с нормативными методами.

По полноте исходных данных методы гидрологических расчетов следует применительно к СНиП 2.01.14—83 классифицировать на следующие:

при наличии данных стационарных длительных гидрометрических наблюдений продолжительностью не менее 20 лет;

при недостаточности данных стационарных гидрометрических наблюдений продолжительностью менее 20 лет;

при полном отсутствии данных стационарных гидрометрических наблюдений или невозможности их получения.

Независимо от метода гидрологических расчетов обязательным является определение требуемых гидрологических характеристик: по опросам старожилов; по следам и меткам прошлых паводков; по результатам обследования близлежащих мостовых переходов и других гидротехнических сооружений; по линейно-региональным нормам.

На стадии выработки предпроектных соображений, а также генеральных схем развития транспортных сетей могут быть использованы приближенные методы гидрологических расчетов [51].

Результаты гидрологических расчетов по приближенным методам должны гарантировать определение строительной стоимости мостового перехода в пределах нормативных (или договорных) отклонений от окончательной стоимости.

4. В целях достижения наибольшей гидрологической обоснованности проектов мостовых переходов следует руководствоваться следующими рекомендациями:

ряды гидрометрических наблюдений независимо от их продолжительности должны быть по возможности удлинены или восстановлены за счет наиболее высоких (и в том числе исторических) годовых максимумов других лет, установленных по следам, меткам и опросам старожилов; по результатам переноса данных наблюдений с близлежащих водпостов, имеющих более длительные измерения [57];

ряд должен либо содержать выдающуюся величину, либо она должна быть найдена в результате гидрометеорологических изысканий путем опроса старожилов, а также поиска архивных и литературных источников. Под выдающимся расходом воды понимается первый расход в ранжированном ряду, если он превышает последующий для весенних половодий не менее чем на 10—15%, а для дождевых паводков—20—30% [57];

независимо от длины ряда гидрометрических наблюдений за максимальными расходами воды необходимо выполнять параллельные расчеты как по статистическим методам, так и с применением генетических и эмпирических формул;

выбор рек-аналогов по СНиП 2.01.14—83 для использования данных по ним при оценке репрезентативности рядов гидрометрических наблюдений и в расчетных формулах определения максимальных расходов воды сопряжен с необходимостью проведения для водосборов аналога и проектируемого моста тщательного анализа, гидрогеологических условий и других факторов, способ-

ных существенно искажать величину естественного речного стока (регулирование стока, сбросы, изъятие на орошение и другие нужды); основное внимание при учете всех нормативных условий выбора рек-аналогов должно быть сосредоточено на обоснованности доказательств однородности условий формирования стока;

учитывая, что конкретные количественные, временные и пространственные критерии рекомендуемых СНиП 2.01.14—83 условий выбора рек-аналогов не нормированы, а также краткосрочность проведения инженерно-гидрометеорологических изысканий мостовых переходов, максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков на реках СССР целесообразно определить по редуционной формуле (46) и формуле предельной интенсивности (48) СНиП 2.01.14—83 с параллельными расчетами по формуле (7.34), результирующей опыта и проведение линейных инженерно-гидрометеорологических изысканий, а также по линейно-региональным нормам стока (см. п. 7.6).

При невозможности выявления преимущественного влияния весеннего половодья или дождевого паводка на работу малых и средних мостов в районах с недостаточными данными стационарных гидрометрических наблюдений (или при полном их отсутствии) следует производить параллельные расчеты как максимального стока от весеннего половодья, так и дождевых паводков.

5. На расчетные величины максимальных расходов и уровней воды могут оказывать значительные влияния различные факторы естественного и искусственного регулирования максимального стока, которые могут претерпевать в многолетнем периоде существенные изменения за счет: уменьшения или увеличения степени залесенности, закарстованности, заболоченности и других характеристик подстилающей поверхности; возникновения особых редких и неблагоприятных гидрометеорологических условий формирования максимального стока (промерзание поверхности стекания, ледообразования, заторы и другие условия); развития новых или свертывание существующих видов различной хозяйственной деятельности на водосборе и в долинах рек.

При определении максимальных расходов воды различного происхождения количественную оценку влияния факторов естественного и искусственного регулирования максимального стока следует выполнять с учетом их возможных изменений в период расчетного срока службы сооружений мостового перехода.

Состав и продолжительность инженерно-гидрометеорологических изысканий мостового перехода при планировании и организации их проведения должны определяться в зависимости от степени изученности района и его водоопасности [12, 5] применительно к ведомственным нормативным и справочным документам.

6. Для гидрологических расчетов независимо от методов их выполнения и степени изученности района необходимы следующие исходные материалы:

выкопировка из топографических карт водосборного бассейна исследуемой реки с обозначением основной гидрографической

сети, горных хребтов, общих и частных водоразделов, населенных пунктов, водпостов и метеостанций;

таблица исходных данных по расположению, периоду и составу наблюдений на водпостах и метеостанциях;

план водосборного бассейна реки с нанесением: ситуации, водоразделов, водпостов и других пунктов гидрометеорологических наблюдений (включая морфостворы), характерных отметок водоразделов, озер, болот, бессточных емкостей, селеобразующих очагов, ледников, порогов, урезов основной реки и ее притоков, а также вариантов трассы мостового перехода. На нем должны быть приведены исходные данные по величине: площади бассейна, длины реки от истока до створа мостового перехода, средний уклон реки от истока, площади (км^2 , %), занятые лесом, пашней, озерами, болотами, бессточными емкостями, селеобразующими очагами, марями, карстовыми образованиями;

для горных и селевых водотоков продольный профиль реки от истока с указанием расстояний, отметок переломов продольного профиля, средних уклонов по участкам и створов существующих и проектируемых переходов и водпостов. С продольным профилем совмещают график нарастания площади водосбора;

при необходимости выполнения расчетов по нескольким мостовым переходам, находящимся на проектируемой дороге, необходимо составление сводного плана водосборных бассейнов и общей ведомости исходных по ним данных.

7. Капитальные мостовые переходы рассчитывают на воздействие паводков, максимальные ординаты гидрографов которых (максимальные расходы) имеют ежегодную вероятность превышения, приведенную в табл. 7.1.

Следует иметь в виду, что рекомендации, приведенные в примечании к табл. 7.1 с тремя и четырьмя крестами, опытом транспортного строительства не апробированы, не применялись ранее и внесены в СНиП 2.05.03—84 без обоснований.

В расчетах следует принимать паводки того происхождения, при котором создаются наиболее неблагоприятные условия работы мостового перехода.

Если для заданного значения вероятности превышения величина максимальной ординаты гидрографа ливневого (т. е. более короткого) паводка больше чем для снегового, то необходимо проводить по снеговому паводку дополнительные расчеты, для которых длительность стояния уровня, размывы под мостами, фильтрация через насыпь и др. или объем стока могут оказаться определяющими, т. е. вызвать наиболее неблагоприятные условия.

Расчет железнодорожных мостовых переходов на два расхода (расчетный Q_p и наибольший Q_{max}) позволяют дифференцировать запасы в размерах сооружений в зависимости от частоты повторяемости гидрологических условий. При этом наибольший расход как поверочный позволяет учесть гидрологические особенности района проложения дороги по его водоопасности. Территория

Мосты и трубы на дорогах

железных			автомобильных и городских		
Категория дороги	Вероятность превышения паводков %		Категория дорог	Сооружения	Вероятность превышения расчетных паводков, %
	расчетных	наибольших			
I и II общей сети	1	0,33	I	Большие и средние мосты	1***
III и IV общей сети	2	1*		Малые мосты и трубы	1****
IV и V подъездные пути	2**	—	II—III, III-п и городские улицы и дороги (п—промышленные)	Большие и средние мосты	1***
				Малые мосты и трубы	2****
Внутренние пути промышленных предприятий	2	—	IV, VI-п и V	Большие и средние мосты	2***
				Малые мосты и трубы	3****
			I с и II с (с—сельскохозяйственные)	Большие и средние мосты	2***
			III с	Малые мосты и трубы	2****
			I-в, I-к и II к (в—внутрихозяйственные) (к—карьерные)	То же	3****
			II-в—IV-в, III к—IV к	»	2****
				»	3****

* При расчетах бровок земляного полотна, незатопляемых регуляционных сооружений и оградительных дамб русел блуждающих рек для железных дорог III категории вероятность превышения максимального расхода при наибольшем паводке следует принимать 0,33%

** Если по технологическим причинам предприятий перерыв в движении не допускается, вероятность превышения следует принимать равной 1%

*** В районах с малоразвитой сетью автомобильных дорог для сооружений, имеющих особо важное народнохозяйственное значение, при технико-экономическом обосновании вероятность превышения допускается принимать 0,33 вместо 1% и 1 вместо 2%

**** В районах с развитой сетью автомобильных дорог для автодорожных малых мостов и труб при технико-экономическом обосновании вероятность превышения допускается принимать 2 вместо 1%, 3 вместо 2%, 5 вместо 3%, а для труб на дорогах II с и III-с категорий—10%

СССР может быть районирована на четыре зоны водоопасности [5], характеризуемые коэффициентом вариации C_v наибольших ежегодных расходов воды: I—малой, II—средней, III—наибольшей и IV—наибольшей (рис. 7.1).

К сожалению, принципы, заложенные в расчет на два расхода в СНиП 2.05.03—84, хотя и декларируются, но практически полностью не выдерживаются (например, размывы рассчитывают только на Q_p , бровку земляного полотна назначают только по Q_{\max} и т. д.).

8. Если вблизи проектируемого мостового перехода имеются инженерные сооружения или объекты возможного подтопления, то необходимо проверить условия их функционирования при пропуске мостовым переходом расчетных расходов воды этих сооружений и мостового перехода.

В расчете следует принимать, что указанные расходы проходят в первый год постройки мостового перехода.

Если инженерные сооружения находятся выше мостового перехода, то поверочный расчет производят в предположении, что он оказывает влияние как неразрушенный.

При расположении инженерных сооружений ниже мостового перехода состояние мостового перехода (разрушен или неразрушен) в поверочном расчете принимают в зависимости от наиболее неблагоприятного его воздействия на инженерные сооружения.

В случае нарушения норм эксплуатации сооружений в зоне влияния мостового перехода следует принимать для его проектирования более редкую вероятность превышения, чем указанную в табл. 7.1.

9. Мостовые переходы, расположенные в нижних бьефах капитальных плотин, нужно рассчитывать на пропуск расхода воды, вероятностью превышения не более требуемой СНиП 2.06.01—86 [79] для основного расчетного случая в зависимости от класса сооружения:

класс сооружения	I	II	III	IV
вероятность превышения, %	0,1	1,0	3,0	5,0

При этом расчетный расход воды для мостового перехода следует определять с учетом распластывания паводка (см. п. 8.3).

Увеличение (по сравнению с указанными в табл. 7.1) расчетных расходов можно ожидать при проектировании мостовых переходов ниже плотин I класса.

10. При проектировании мостовых переходов по капитальности, сроку службы или другим показателям, отличающимся от рассматриваемых в СНиП 2.05.03—84, вероятности расчетного паводка могут быть приняты отличные от требуемой нормами. В этом случае за искомую следует принимать вероятность, приводящую при отсутствии других требований к минимуму строительно-эксплуатационных затрат. Методика расчета оптимальной вероятности превышения паводка приведена в [91].

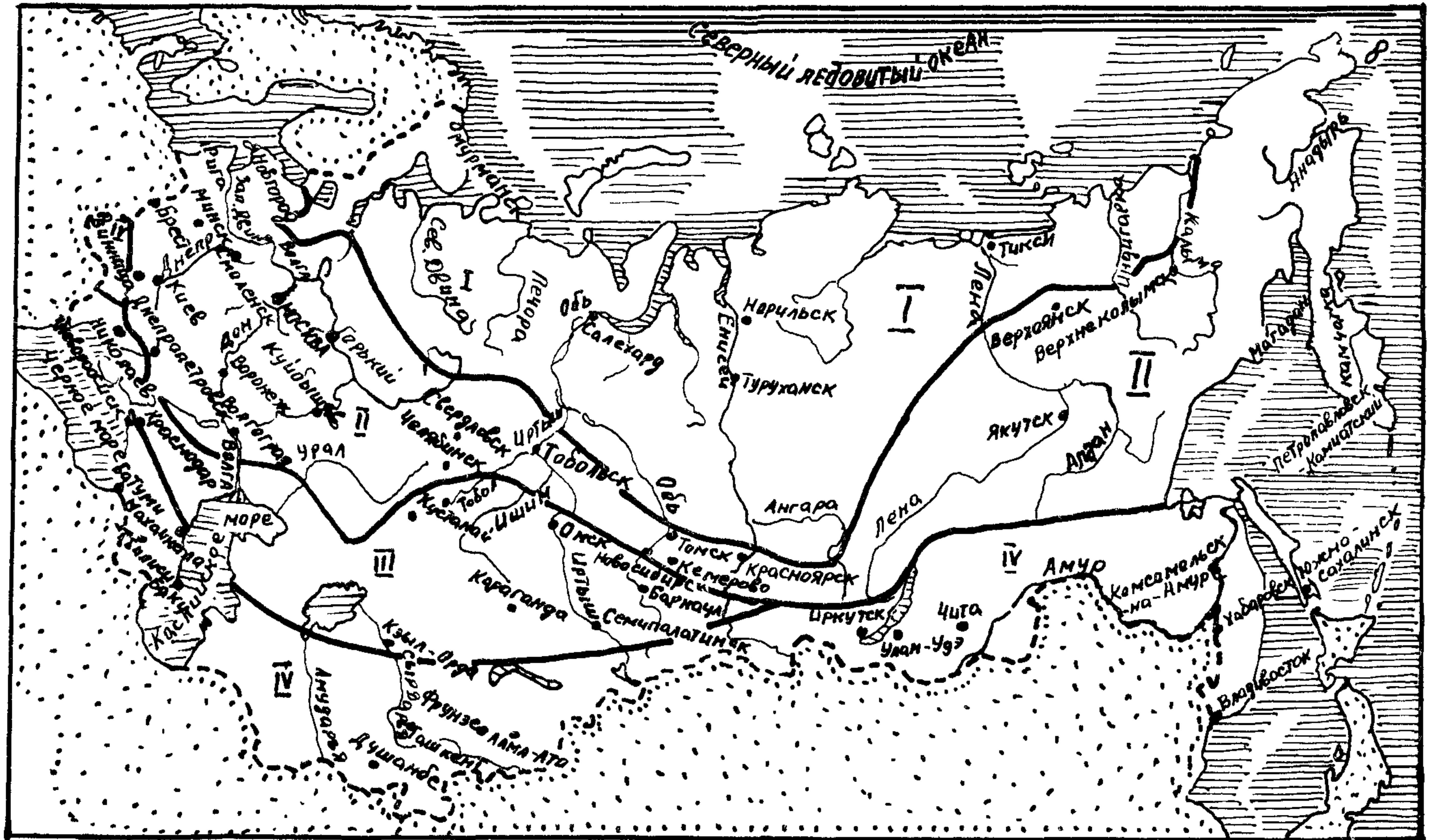


Рис. 7.1 Карта зон водоопасности
I—зона малой водоопасности; II—средней; III—большой; IV—наибольшей

11. При расчете ледовых воздействий на мостовые переходы согласно СНиП 2.05.03—84 вне зависимости от категории дорог толщину льда следует принимать 1% вероятности превышения.

Расчетные гидрологические характеристики (вероятности превышения уровней и обеспеченности шторма) для расчета параметров волн, принимаемые согласно СНиП 2.06.04—82* и ВСН 206—87, приведены в п. 12.3, п. 3.

12. При проектировании временных и вспомогательных сооружений расчетные уровни принимают согласно рекомендациям п. 7.9. По этим же уровням рассчитывают параметры волн.

Толщину льда, действующего на временные и вспомогательные сооружения при отсутствии достаточных обоснований, принимают 10% вероятности превышения.

7.2. Расчет расходов и уровней воды при наличии или недостаточности данных гидрометрических наблюдений

1. Определение расчетных гидрологических характеристик при наличии или недостаточности данных гидрометрических наблюдений следует выполнять по методам СНиП 2.01.14—83 [71], которые сводятся к статической обработке рядов (выборок) ежегодных максимумов расходов или уровней воды

Выборка считается репрезентативной (т. е. представительной), если длина ряда составляет для весенних половодий не менее $n=20$ лет и для дождевых паводков не менее 50 лет [57]. Исследуемый ряд должен содержать только наивысшие в каждом году генетически однородные расходы или уровни воды (от снеготаяния, дождевые паводки, таяния ледников и другие типы паводков). К статистической обработке принимают ряд, в котором отсутствуют тенденции к закономерному изменению исследуемой характеристики во времени. Такие нарушения стационарного процесса могут быть связаны с хозяйственной деятельностью человека.

2. При определении максимальных расходов и уровней воды требуемой вероятности превышения необходимо учитывать следующее: если период наблюдений за уровнем воды продолжительнее периода наблюдений за расходом, необходимо путем экстраполяции зависимости расходов от уровней воды $Q=f(H)$ восстановить недостающие в ряду значения Q . По этой же зависимости могут быть получены величины Q (или H), которые отсутствовали в середине ряда или которые установлены по результатам инженерно-гидрометеорологических изысканий;

при невозможности разделения максимальных годовых расходов воды на максимумы дождевых и талых вод СНиП 2.01.14—83 допускает построение кривых распределения ежегодных вероятностей превышения максимальных расходов воды независимо от их происхождения. Эти рекомендации могут быть распространены и на максимальные уровни воды;

если максимальные уровни и расходы воды на реках формируются в разные сезоны года и соответствуют, например, не только весеннему половодью, но и дождевым паводкам, то необходимо выполнять статистическую обработку однородных рядов,

соответствующих этим сезонам года. В качестве расчетного принимают расход (уровень) воды (требуемой вероятности превышения), наиболее неблагоприятный для работы сооружений мостового перехода (см. п. 7.1);

наивысшие уровни воды, образовавшиеся в отдельные годы от подпора другой рекой, зажоров или заторов льда, карчехода, нагона воды ветром и т. п., не должны включаться в ряд ежегодных максимумов, но продолжительность ряда для оценки эмпирической вероятности превышения следует определять с учетом всех лет наблюдений. При систематическом характере образования этих явлений ряды соответствующих им уровней воды обрабатывают отдельно в виде самостоятельных рядов;

при расположении створа мостового перехода вблизи слияния рек требуется установить влияние их притока на уровеньный режим основной реки или наоборот. При многопиковых графиках колебаний паводочных уровней обрабатывают отдельные ряды— для основной реки и притока, а в качестве расчетного принимают наибольшее значение расхода и уровня воды;

если половодье или паводок проходит по поверхности ледяного покрова реки, то глубины и уровни воды для расчета расхода воды следует определять от поверхности льда.

3. При отсутствии или недостаточности данных гидрометрических наблюдений за отдельные годы ряды расходов и уровней следует дополнять данными близлежащих водпостов, с которыми установлена связь уровней, а также данными полевых краткосрочных обследований (см. п. 7.1), выполненных при инженерно-гидрометеорологических изысканиях.

4. Расчетные гидрологические характеристики согласно СНиП 2.01.14—83 рекомендуется определять путем применения аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения. В качестве основного рекомендовано применение трехпараметрического гамма-распределения при любом отношении коэффициентов асимметрии и вариации C_s/C_v . При надлежащем обосновании допускается применять биномиальную кривую распределения (при $C_s > 2C_v$) или другие функции распределения вероятностей [18] и в том числе усеченные и составные кривые распределения вероятностей превышения.

Основу применимости различного типа кривых распределения составляют эмпирические кривые распределения ежегодных вероятностей превышения исследуемых гидрологических характеристик и основные параметры этих кривых, определяемые по рядам гидрометрических наблюдений: коэффициент вариации C_v , отношение коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_s/C_v и \bar{x} —среднее арифметическое (среднее многолетнее) значение гидрологической характеристики:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i/n, \quad (7.1)$$

где $\sum x_i$ —сумма величин, из которых составлен ряд из n членов

Нормируемые СНиП 2.01.14—83 аналитические и другие обосновываемые в результате гидрологических расчетов кривые распределения являются средством формализации для сглаживания, интерполяции и экстраполяции эмпирических кривых распределения до требуемых (см. п. 7.1) нормативных значений ежегодных вероятностей превышения.

5. Эмпирическая ежегодная вероятность превышения P_m исследуемых гидрологических характеристик определяется в соответствии со СНиП 2.01.14—83 по формуле

$$P_m = m/(n+1), \quad (7.2)$$

где m —порядковый номер членов ряда исследуемой гидрологической характеристики, составленного в убывающем порядке годовых величин x_i ; n —общее число членов этого ряда.

Эмпирические кривые распределения ежегодных вероятностей превышения в практике инженерных расчетов принято выражать графическими построениями по величинам x_i и соответствующим им значениям P_m на клетчатках вероятностей.

Выбор типа клетчатки вероятностей осуществляется с учетом характера очертания эмпирической кривой и соответствующей ей аналитической функции распределения по вычисленным параметрам и в том числе отношению коэффициента асимметрии C_s к коэффициенту вариации C_v . Для этой цели используют набор различных клетчаток и в том числе клетчаток с фиксированным отношением C_s/C_v .

Параметры аналитических кривых распределения (C_v и C_s) в соответствии с рекомендациями СНиП 2.01.14—83 принято определять методом наибольшего правдоподобия или моментов.

В качестве расчетной аналитической кривой распределения должна быть принята та, которая наименее отклоняется от эмпирических точек на клетчатке вероятностей. Для выполнения этого требования необходимо на соответствующих клетчатках вероятностей первоочередно произвести построение нормативных аналитических кривых распределения при различных соотношениях C_s/C_v от 1 до 6 (см. прил. 7.1). Если ни одна из нормативных аналитических кривых распределения не позволит достигнуть наиболее полного соответствия эмпирическим точкам, то необходимо произвести выбор и соответствующее обоснование иных кривых распределения.

При подборе кривых распределения по эмпирическим точкам необходимо оценивать соответствие этих кривых большинству этих точек, а не отдельным экстремальным точкам. При невозможности получения такого соответствия на всем протяжении кривой целесообразно использование усеченных кривых распределения, что позволит получать требуемое соответствие только в диапазоне больших годовых максимумов гидрологических характеристик.

Недопустимым является проведение расчетной кривой распре-

деления только по трем верхним точкам, так как не используется вся остальная информация о многолетних колебаниях гидрологических характеристик. Точки усечения эмпирических рядов должны соответствовать границам изменений условий формирования годовых максимумов гидрологических характеристик, что наглядно выражается в переломах эмпирических кривых и различных наклонах верхней и нижней частей этих кривых. Для рядов расходов воды точка усечения располагается ориентировочно в середине эмпирических кривых, а для рядов уровней воды в диапазоне вероятностей от 30 до 60%. Окончательно она может быть установлена путем анализа конкретных эмпирических кривых распределения вероятностей превышения.

6. Расчетные коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s определяют методом моментов согласно рекомендациям СНиП 2.01.14—83 в зависимости от смещенных оценок соответственно коэффициентам вариации \tilde{C}_v и асимметрии \tilde{C}_s , определяемым при коротких рядах (выборках), и коэффициенту автокорреляции между смежными членами ряда.

Смещенные оценки коэффициентов вариации и асимметрии определяют по формулам:

$$\hat{C}_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}}; \quad (7.3)$$

$$\tilde{C}_s = n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3 / [\tilde{C}_v^3 (n-1) (n-2)], \quad (7.4)$$

где $k_i = x_i / \bar{x}$, n —число членов ряда.

Значения расчетных коэффициентов вариации и асимметрии для трехпараметрического гамма-распределения и отсутствии автокорреляции, что обычно имеет место при анализе максимальных ежегодных расходов, можно определять по графику (рис. 7.2).

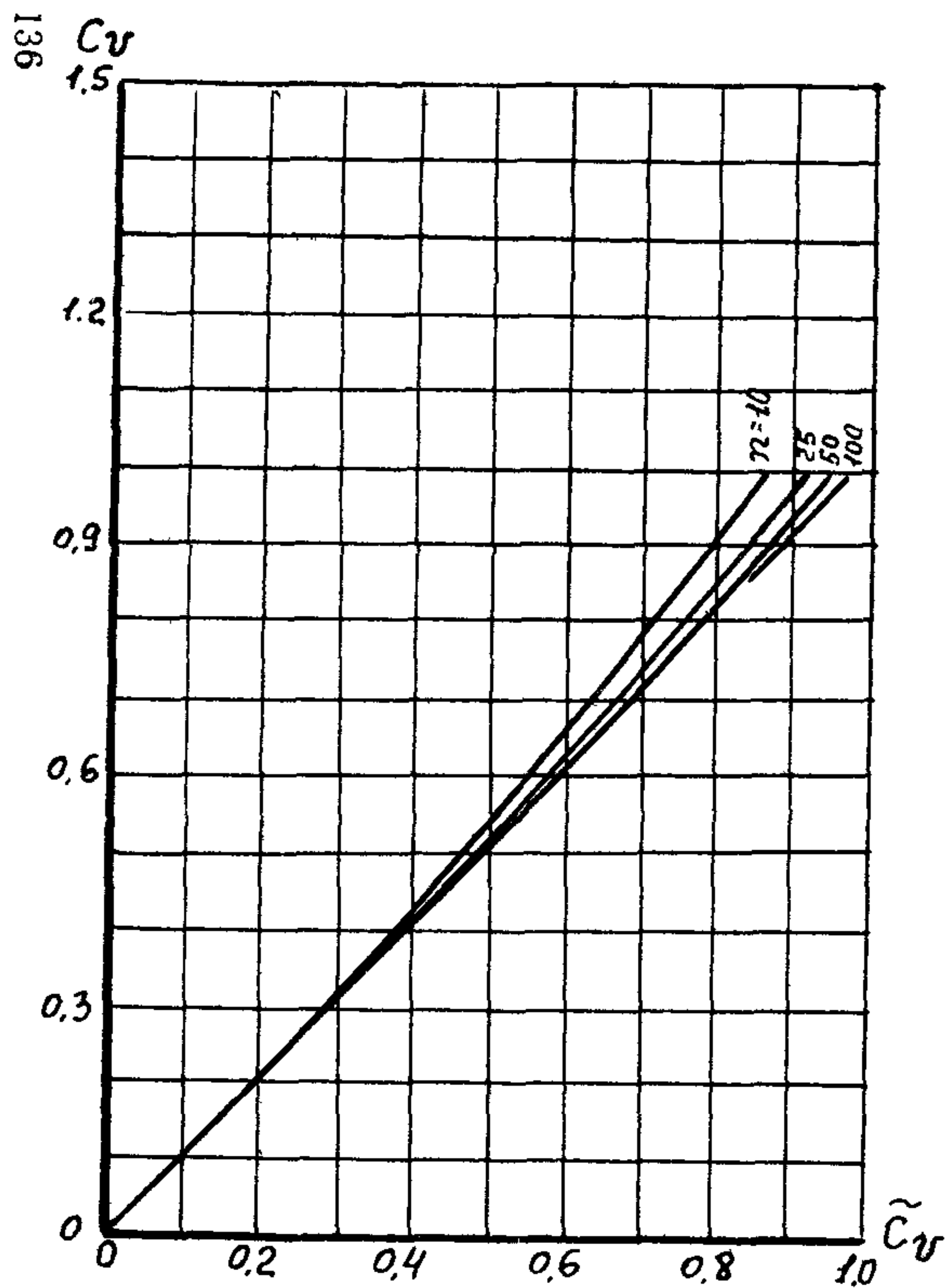
7. Определение коэффициента вариации и коэффициента асимметрии по методу наибольшего правдоподобия сводится к расчету статистик λ_2 и λ_3 :

$$\lambda_2 = \sum_{i=1}^n \lg k_i / (n-1); \quad (7.5)$$

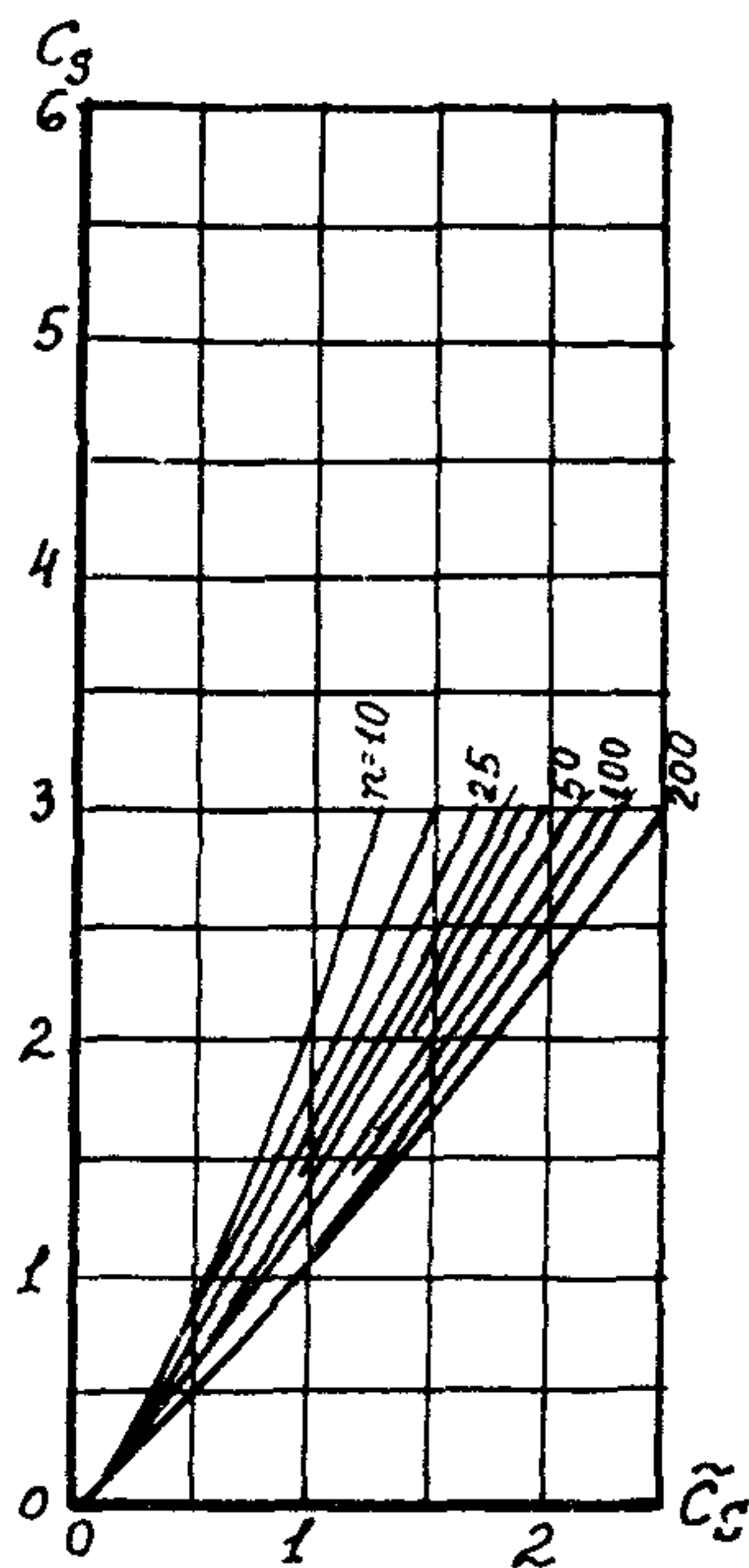
$$\lambda_3 = \sum_{i=1}^n k_i \lg k_i / (n-1). \quad (7.6)$$

Пересечение этих статистик по номограмме (см. прил. 7.2) и определяют расчетные значения коэффициента вариации C_v и соотношения C_s/C_v .

8. При наличии одного выдающегося максимума, не входящего в непрерывный ряд гидрометрических наблюдений, среднее



$$\frac{C_s}{C_v} = 3$$



$$\frac{C_s}{C_v} = 4$$

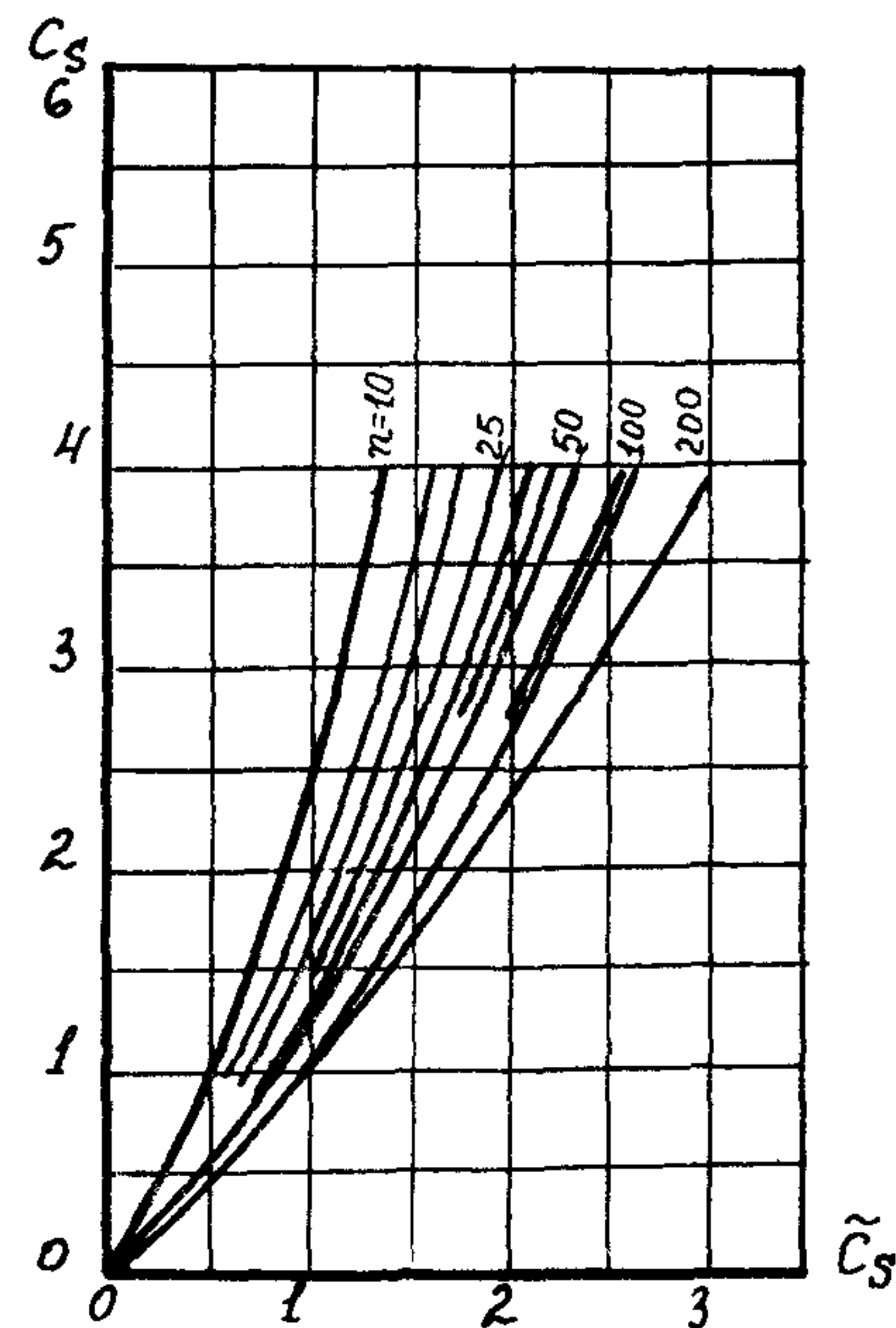


Рис 72 Зависимость расчетных коэффициентов вариации C_v и асимметрии C_s для трехпараметрического гамма-распределения от числа членов выборки n и смещенных оценок соответственно коэффициентов вариации \tilde{C}_v и асимметрии \tilde{C}_s при отсутствии автокорреляции

значение гидрологической характеристики и коэффициента вариации определяют по формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \left(x_N + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \right); \quad (7.7)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\left(\frac{x_N}{\bar{x}} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i}{\bar{x}} - 1 \right)^2 \right]}. \quad (7.8)$$

При наличии двух выдающихся максимумов, не входящих в непрерывный ряд гидрометрических наблюдений, параметры \bar{x} и C_v рекомендуется определять по формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{N_1} x_{N1} + \frac{1}{N_2} \frac{N_1-1}{N_1} x_{N2} + \frac{(N_1-1)(N_2-1)}{N_1 N_2} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (7.9)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N_1-1} (k_{N1} - 1)^2 + \frac{1}{N_2-1} \frac{N_1-2}{N_1-1} (k_{N2} - 1)^2 + \frac{(N_1-2)(N_2-2)}{(N_1-1)(N_2-1)} \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}. \quad (7.10)$$

При наличии одного выдающегося максимума, входящего в ряд гидрометрических наблюдений, параметры \bar{x} и C_v могут быть определены по формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \left(x_N + \frac{N-1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} x_i \right); \quad (7.11)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\left(\frac{x_N}{\bar{x}} - 1 \right)^2 + \frac{N-1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{x_i}{\bar{x}} - 1 \right)^2 \right]}. \quad (7.12)$$

При наличии двух выдающихся максимумов, входящих в ряд гидрометрических наблюдений, параметры \bar{x} и C_v рекомендуется определять по формулам:

$$\bar{x} = \frac{1}{N_1} x_{N1} + \frac{1}{N_2} \frac{N_1-1}{N_1} x_{N2} + \frac{(N_1-1)(N_2-1)}{N_1 N_2} \frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^{n-2} x_i; \quad (7.13)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{1}{N_1-1} (k_{N1} - 1)^2 + \frac{1}{N_2-1} \frac{N_1-2}{N_1-1} (k_{N2} - 1)^2 + \frac{(N_1-2)(N_2-2)}{(N_1-1)(N_2-1)} \frac{1}{n-3} \sum_{i=1}^{n-2} (k_i - 1)^2}. \quad (7.14)$$

В формулах (7.9) — (7.16) \bar{x} — среднее арифметическое значение, вычисленное с учетом выдающихся максимумов; n — число лет в ряду непрерывных наблюдений; N — число лет, в течение кото-

рых выдающийся максимум не был превышен; k_N, k_i —модульные коэффициенты:

$$k_N = x_N / \bar{x}; \quad (7.15)$$

$$k_i = x_i / \bar{x}. \quad (7.16)$$

9. Расчетные величины гидрологических характеристик при использовании аналитических кривых трехпараметрического гамма-распределения определяют по формуле

$$x_p = \bar{x} k_p, \quad (7.17)$$

где k_p —ордината аналитической кривой распределения, соответствующая заданной вероятности превышения и определяемая по прил. 7.3

Для определения расчетных величин при использовании биномиальной кривой используют формулу:

$$x_p = \bar{x} (\Phi_p C_v + 1), \quad (7.18)$$

где Φ_p —нормированные отклонения ординат кривой Пирсона III типа от середины, определяемые по прил. 7.4

Расчетные величины гидрологических характеристик при использовании графических зависимостей $x = f(P_m)$ определяют непосредственно по графикам. Последние необходимы при статистической обработке рядов максимальных уровней воды. Кривую $H = f(P_m)$ графически экстраполируют и по ней определяют расчетные уровни воды требуемой вероятности превышения. Ряды уровней составляют по годовым их величинам над нулем графика. В качестве аналитических кривых для расчета максимальных уровней воды могут быть целесообразны усеченные кривые нормального распределения [37].

10. Если максимальные уровни и расходы воды наблюдаются в разные сезоны года, то следует по отдельности производить выборку и обработку однородных рядов, соответствующих весеннему половодью и дождевым паводкам. Эмпирические и аналитические кривые распределения необходимо анализировать отдельно для каждого однородного ряда. В качестве расчетной должна быть принята обобщенная кривая распределения.

Построение обобщенной кривой распределения производят в следующем порядке:

в задаваемом диапазоне колебаний исследуемой гидрологической характеристики произвольно назначают величины этих характеристик через определенный интервал (например, через 50 м³/с для расхода воды);

по всем заданным величинам этих характеристик определяют вероятности их превышения по каждой аналитической кривой (P_1 и P_2);

ежегодную вероятность превышения P_* для построения обобщенной кривой распределения по всем заданным интервалам исследуемых гидрологических характеристик определяют при наличии двух однородных рядов по формуле

$$P_* = (P_1 + P_2 - P_1 P_2) 100, \% ; \quad (7.19)$$

обобщенную кривую распределения строят на клетчатке вероятностей по заданным величинам исследуемых гидрологических характеристик и соответствующим им значениям вероятностей превышения $P\%$, вычисленных по формуле (7.19).

Если не представляется возможным разделить максимальные годовые расходы воды на максимумы дождевых и талых вод, допускается СНиП 2.01.11—83 построение кривой распределения максимальных расходов воды независимо от их происхождения по единому ряду.

11. Приведение короткого ряда расходов воды к более продолжительному осуществляют по графику коррелятивной связи между соответствующими по годам расходами короткого и длинного рядов. При отсутствии тесной связи необходимо на этом же графике нанести точки равнообеспеченных расходов воды обоих рядов.

По полученным точкам строят сглаженную графическую кривую связи и по ней осуществляют перенос расчетных расходов воды на водпост с коротким рядом или приводят параметры кривой распределения к многолетнему периоду наблюдений согласно рекомендациям [52].

Отсутствие коррелятивной связи может быть вызвано боковой приточностью между смежными створами. Учет боковой приточности рекомендуется осуществлять следующим способом: суммированием расходов воды притоков, впадающих на участке между смежными створами; по разности средних расходов воды в нижнем и верхнем створах; методом водного баланса; по модулю стока, вычисленному для той части площади водосбора, который находится между смежными створами.

12. Для оценки величин боковой приточности расходы воды в смежных створах следует приводить к одному и тому же календарному периоду.

Использование способа определения боковой приточности по разности расходов воды в смежных створах целесообразно в тех случаях, когда ее вычисляют с заданной средней квадратической ошибкой.

Случайная абсолютная средняя квадратическая ошибка расчета боковой приточности по разности расходов воды между смежными створами определяется по формуле [52].

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (7.20)$$

где σ_1 и σ_2 —абсолютные средства квадратические погрешности исходных гидрометрических данных наблюдений в смежных створах, определяемые для каждого створа по формуле:

$$\sigma_{1,2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (7.21)$$

Если суммарный расход воды притоков составляет не менее 50% расхода с площади водосбора главной реки между смежными створами, боковая приточность (в м³/с):

$$Q_6 = 1000 (F_H - F_B) \cdot \bar{q}_n, \quad (7.22)$$

где F_H и F_B — площади водосбора главной реки соответственно до нижнего и верхнего створов, км²; \bar{q}_n — средний многолетний модуль стока притоков, л/(с · км²).

При значительном различии модулей стока отдельных притоков боковую приточность определяют по средневзвешенному модулю стока:

$$q_6 = (q_1 F_1 + q_2 F_2 + \dots + q_n F_n) / F, \quad (7.23)$$

где q_1, q_2, \dots, q_n — средние модули стока отдельных притоков; F_1, F_2, \dots, F_n — площади водосборов притоков; $F = \sum_{i=1}^n F_i$.

Если данные наблюдений на притоках отсутствуют или не достаточны, средневзвешенный модуль стока боковой приточности рекомендуется для территории СССР определять по карте среднего годового стока, а в зарубежных районах по линейно-региональным нормам стока.

13. Расчетный расход воды $Q_{p\%}$, вычисленный по данным многолетних гидрометрических наблюдений, принято считать надежным, если удовлетворяется следующее соотношение:

$$\Delta Q_{p\%} \leq 0,2 Q_{p\%}, \quad (7.24)$$

где стандартная ошибка:

$$\Delta Q_{p\%} = \frac{a E_p}{\sqrt{n}} Q_{p\%}, \quad (7.25)$$

где n — число членов ряда с учетом приведения его к многолетнему периоду; E_p — коэффициент, характеризующий случайную среднюю квадратическую ошибку расчетного расхода воды, определяют по рис. 7.3; a — коэффициент учета степени гидрологической изученности рек, принимаемый равным 1,0 для изученных и 1,5 для неизученных районов.

При невыполнении условия (7.24) необходимо исследовать возможности по удлинению ряда многолетних гидрометрических

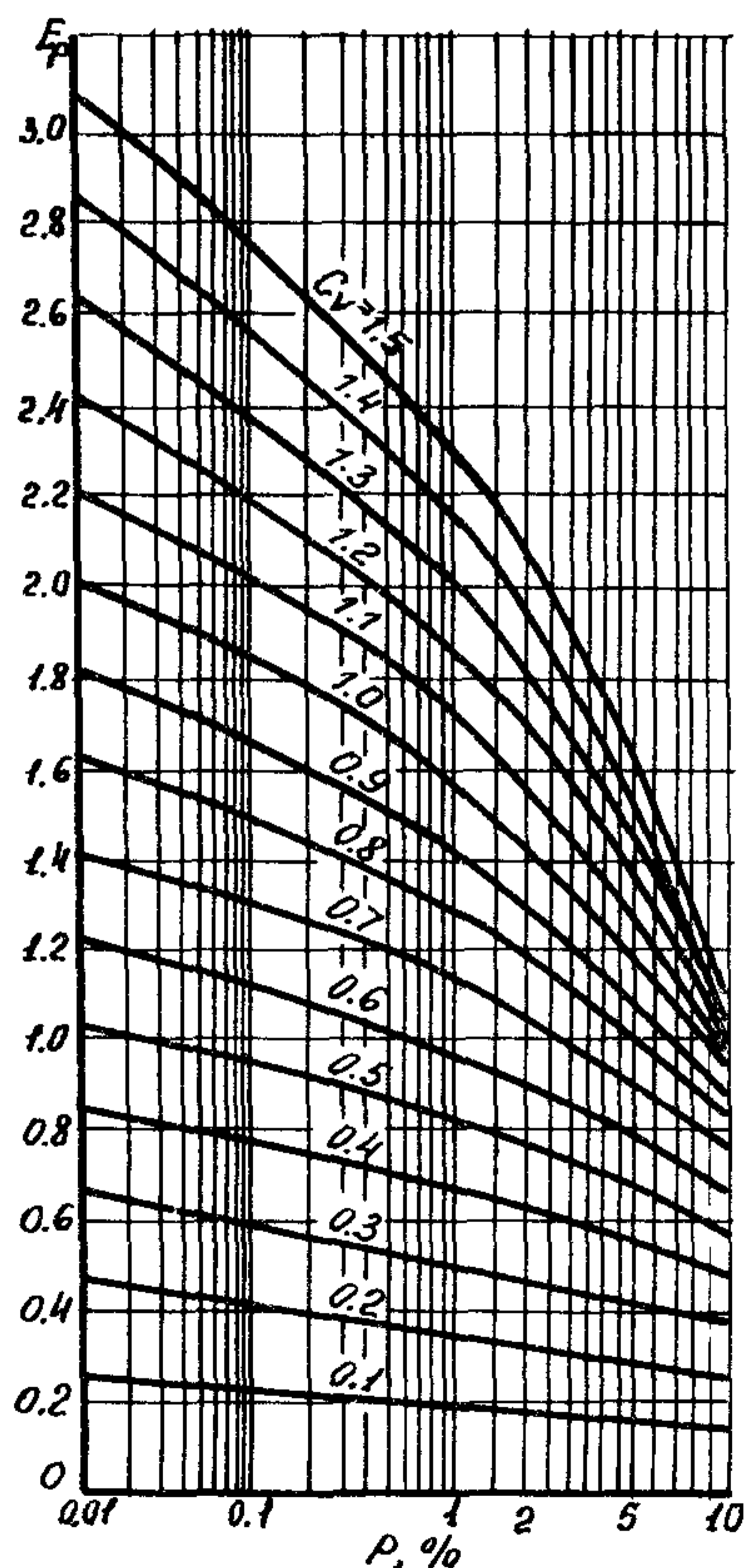


Рис. 7.3. График для определения величины E_p

наблюдений дополнительными и надежными данными. Если такая возможность отсутствует, то необходимо к величинам расчетных максимальных расходов воды вероятностью превышения 0,33, 1 и 2% прибавлять гарантийную поправку, определяемую по формуле (7.25) при длительности рядов гидрометрических наблюдений менее 20 лет. При длительности рядов менее 30 лет гарантийную поправку следует прибавлять к величинам расчетных максимальных расходов воды вероятностью 0,33 и 1%.

14. При статистических расчетах гидрологических характеристик следует иметь в виду, что как эмпирические, так и аналитические кривые распределения могут объективно отражать колебания годовых максимумов того периода наблюдений, который использован при выполнении расчетов.

По мере увеличения периода наблюдений и накопления бóльшей информации по годовым максимумам исследуемых гидрологических характеристик параметры принятых ранее эмпирических и аналитических кривых могут претерпевать в ряде случаев значительные изменения. Поэтому необходимо пересчитывать эти параметры и вносить соответствующие коррективы в расчеты прежних лет при выполнении рабочего проектирования [57].

При выполнении статистических расчетов гидрологических характеристик клетчатки вероятностей превышения являются одним из обязательных обосновывающих документов в проектных материалах.

7.3. Расчеты максимального стока весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений

1. Определение максимальных расходов воды весеннего половодья на водосборах с площадью до 20000 км² на Европейской и до 50000 км² на Азиатской территориях СССР следует производить согласно рекомендациям СНиП 2.01.14—83 и Пособия к нему [52].

Максимальные расходы на реках с площадями водосборов, превышающими указанные пределы, рекомендуется определять по региональным зависимостям максимального стока от объема половодья, который может быть установлен по картам или по разности стока в створах, ограничивающих этот водосбор. При этом требуется, чтобы региональные зависимости были бы достаточно обоснованы данными по изученным рекам региона. При разработке региональных норм следует учитывать результаты полевых инженерно-гидрометеорологических изысканий в рассматриваемом створе

2. При невозможности применения методов, регламентируемых СНиП 2.01.14—83 как на территории СССР, так и в зарубежных районах проектирования, допускается определять расчетные максимальные расходы воды по редуccionной формуле

$$Q_p = \frac{A_{p\%} F}{(r+1)^{0,25}} \delta_1 \delta_2 \delta_3 \delta_4 \delta_5, \quad (7.26)$$

где $A_{p\%}$ — максимальный модуль элементарного стока требуемой расчетной вероятности превышения, определяемый по данным наблюдений или по опублико-

ваным официальным документам Госкомгидромета, m^3/c с 1 км^2 ; F —площадь водосбора, км^2 ; $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$ —коэффициенты учета степени уменьшения максимального расхода воды различными факторами естественного и искусственного регулирования поверхностного стока на водосборах рек (озерность, заболоченность, залесенность, распаханность водосбора и других).

В структуру формулы (7.26) могут быть введены дополнительные параметры, учитывающие другие региональные факторы естественного и искусственного регулирования максимального поверхностного стока рек.

3. Совместное влияние озер и болот может быть учтено коэффициентом:

$$\delta_1 = 1 - k_0 \lg (f_{\text{оз}} + f_6 + 1), \quad (7.27)$$

где $f_{\text{оз}}, f_6$ —доли площади водосбора, занятые озерами и болотами, %; k_0 —коэффициент, равный $0,7-0,9$; в зависимости от расположения озер в бассейне и принимают большее значение при их низовом положении.

Формула (7.27) действительна при $f_{\text{оз}} > 3\%$ и $f_6 > 10\%$, а также при $(f_{\text{оз}} + 0,2f_6) \leq 45\%$. При $f_{\text{оз}} > 15\%$ значение f_6 принимают равным нулю.

Влияние прудов, регулирующих меженный сток, при определении максимальных расходов воды вероятностью превышения менее 5% не учитывают, а при вероятности превышения более 5% допускается снижение расчетного расхода воды на 10% .

Учет уменьшения максимального расхода воды при регулирующем влиянии водохранилищ следует определять в зависимости от капитальности плотин специальными расчетами с использованием проектных и эксплуатационных материалов.

4. Влияние только болотной аккумуляции в формуле (7.26) учитывают с помощью коэффициента:

$$\delta_2 = 1 - k_6 \lg (1 + 0,1f_6), \quad (7.28)$$

где k_6 —коэффициент, изменяющийся от $0,6$ для верховых болот до $0,7-0,8$ для пойменных

При заболоченности водосбора менее 3% коэффициент δ_2 принимается равным единице.

5. Учет влияния залесенности в формуле (7.26) выполняют по формуле

$$\delta_3 = 1 - \gamma_{\text{л}} \lg (1 + f_{\text{л}}), \quad (7.29)$$

$$\delta_3 = 1 - \gamma_{\text{л}}^1 f_{\text{л}}, \quad (7.30)$$

где для лесостепной и степной зон $\gamma_{\text{л}} = 0,2-0,3$; для южной части лесной зоны $\gamma_{\text{л}}^1 = 0,6$; для северной части этой зоны $\gamma_{\text{л}}^1 = 0,7$, $f_{\text{л}}$ —степень залесенности в долях от единицы

При залесенности менее 3% коэффициент $\delta_3 = 1$.

Совместное влияние озер, болот и лесов принято учитывать коэффициентом:

$$\delta_4 = 1 - 0,6 \lg (1 + f_{\text{оз}} + 0,1f_6 + 0,05f_{\text{л}}). \quad (7.31)$$

При заболоченности и залесенности менее 3% величины f_6 и $f_{\text{л}}$ принимают равным нулю. Замена в формуле (7.26) коэффициента δ_4 на произведение коэффициентов $\delta_1\delta_2$ не допускается.

6. При наличии в районе проектирования смежной изученной реки с близкими для расчетного водосбора физико-географическими характеристиками определение параметра $A_{p\%}$ в формуле (7.26) рекомендуется определять статистической обработкой данных гидрометрических наблюдений по этой реке.

Если по условиям факторов естественного регулирования максимального стока смежный водосбор-аналог отличен от расчетного водосбора, то параметр $A_{p\%}$ определяют по формуле

$$A_{p\%} = A_{pa} \frac{\prod^4 \delta_{ia}}{\prod^4 \delta_i}, \quad (7.32)$$

где A_{pa} — модуль элементарного стока реки-аналога; $\prod^4 \delta_{ia}$ — произведение коэффициентов, учитывающих регулирующие факторы водосбора-аналога, $\prod^4 \delta_i$ — то же для расчетного водосбора.

7. При наличии максимальных расходов воды $Q_{p\%}$ по нескольким рекам, относящимся к одному гидрометеорологически однородному району, может быть построена в логарифмических координатах зависимость модулей максимального стока q от площади водосбора анализируемых рек, где $q = Q_{p\%} / F$.

Зависимость $q = f(F)$ при коэффициенте корреляции входящих в нее величин $r \geq 0,8$ используют как региональные нормы. Для подбора уравнения $q = f(F)$ принято принимать зависимость вида:

$$q = \frac{A_{p\%}}{(F+c)^n}, \quad (7.33)$$

где значение параметров n и c устанавливают по анализу эмпирических точек и наклону кривой $q = f(F)$, построенной в логарифмических координатах. Колебания параметра n в ряде районов СССР находятся в диапазоне от 0,1 до 0,35, а параметра c от 1 до 10.

Выбор аналогов может производиться по материалам, опубликованным в издании «Ресурсы поверхностных вод» и в других документах Госкомгидромета, в которых приводятся величины максимальных расходов воды, слоев стока и параметров кривых распределения вероятностей превышения.

Подобие форм водосборных бассейнов реки-аналога и исследуемой реки обеспечивается при соблюдении условий:

$$L_i / F_i^{0,56} \approx \text{const}, \quad I_i F_i^{0,5} \approx \text{const},$$

где L_i , I_i — длина и уклон рассматриваемых рек.

8. Наряду с нормативными рекомендациями по расчету максимального стока [71], а также изложенными в разделе 7.3 настоящего Пособия, возможны при надлежащем их обосновании и другие региональные формулы, опубликованные в указаниях и инструкциях различных ведомств.

7.4. Расчеты максимального стока дождевых паводков при отсутствии данных гидрометрических наблюдений

1. Максимальные мгновенные расходы воды дождевых паводков определяют по СНиП 2.01.14—83 и Пособию к нему. При наличии натуральных данных эпизодических и краткосрочных на-

блюдений, полученных в результате проведения инженерно-гидрометеорологических наблюдений, максимальные мгновенные расходы воды наиболее надежно определяют по региональным нормам стока (см. п. 7.6). Для районов СССР, не охваченных рекомендациями нормативных документов, а также зарубежных районов рекомендуется применять формулу

$$Q_p = 16,7 a_p \alpha_p F \varphi k_I k_\Phi, \quad (7.34)$$

где a_p — расчетная интенсивность осадков, соответствующая заданной вероятности превышения для расхода воды, мм/мин, α_p — расчетный коэффициент склонового стока, определяемый по прил 7 5, φ — коэффициент редукиции максимального дождевого стока, определяемый в зависимости от площади F водосборного бассейна по табл 7 2, k_I — коэффициент учета влияния уклона главного русла I

$I, \%$	0,01	0,1	1,0	10	10	200
$k_I,$	0,94	1,11	1,12	1,14	1,23	1,30

k_Φ — коэффициент, учитывающий форму водосборного бассейна, принимают при $F \geq 50 \text{ км}^2$ равным единице.

Т а б л и ц а 7 2

$F, \text{ км}^2$	φ	$F, \text{ км}^2$	φ
30	0,272	500	0,147
50	0,244	1000	0,126
100	0,196	10000	0,088
300	0,167	100000	0,058

2. Расчетную интенсивность осадков, соответствующую заданной вероятности превышения для расхода воды (в мм/мин), определяют по формуле

$$a_p = a_{\text{час}} k_t k_F, \quad (7.35)$$

где $a_{\text{час}}$ — часовая интенсивность дождевых осадков, k_t — коэффициент редукиции расчетной часовой интенсивности осадков по площади водосбора, k_F — коэффициент учета неравномерности распределения расчетных осадков по площади водосбора

Значение величин $a_{\text{час}}$, k_t и k_F определяют по прил. 7 5.

Для водосборов, площади которых находятся в нескольких ливневых районах, расчетную часовую интенсивность дождя определяют как средневзвешенную по площади.

3. В некоторых районах изысканий может возникнуть необходимость учета специфических факторов, регулирующих максимальный сток и присущих только одному району или отдельным водосборам. К этим факторам могут быть отнесены: меженный сток; бессточные емкости; пахотные земли на склонах; искусственное орошение; террасированное земледелие; заторность горных русел; влияние карстовых явлений; регулирование стока искусственными сооружениями; переливы паводковых вод из одного бассейна в другой; неустойчивое перераспределение стока между

водотоками на выходе из гор; озерность и заболоченность; забор воды на хозяйственные нужды; многократность повторения расчетных паводков в муссонных районах; регулирование стока на широких поймах; транзитные участки русел; наледные явления и заледенелость русла; регулирование стока мелиоративными сооружениями; подпорные явления, наличие в бассейне населенных пунктов или построенных дорог и другие.

Учет этих региональных особенностей максимального стока должен производиться в каждом конкретном случае путем введения в формулу (7.34) дополнительных коэффициентов, установленных по данным специальных исследований, а при их отсутствии—на основе материалов полевых гидрометеорологических обследований водосборов. В особо сложных случаях и при недостаточности материалов полевого обследования для обоснования методов учета влияния этих факторов необходимо проведение инженерно-гидрометеорологических изысканий и исследований по специальным программам.

Влияние региональных факторов следует учитывать, исходя из особенностей внутригодового режима дождевого стока в районе изысканий. Необходимо также давать вероятностную оценку возможного совпадения паводочного периода со временем действия регулирующих факторов.

Влияние региональных факторов может проявляться на водотоках различной величины по-разному. Поэтому для каждого объекта необходимо установить пределы применения коэффициентов, учитывающих региональные особенности водосборов не только во времени их действия, но и по площади водосбора.

Для установления региональных коэффициентов по данным полевого обследования или специальных исследований следует использовать метод составления уравнений баланса стока на период формирования максимальной ординаты гидрографа расчетного паводка.

Для учета некоторых особенностей регулирования максимального стока рекомендуется использовать методы, изложенные в [37, 49].

4. Наряду с расчетами по формуле (7.34) может быть в ряде районов применена объемная формула Д. Л. Соколовского с корректировкой ее параметров, выполненных Л. Л. Лиштваном, а также ВСН 63—76 [25].

7.5. Расчетные гидрографы весеннего половодья и дождевых паводков

1. Расчет и построение гидрографов весеннего половодья и дождевых паводков при наличии, недостаточности и отсутствии данных гидрологических наблюдений следует выполнять согласно рекомендациям СНиП 2.01.14—83 и Пособия к нему. При этом очертания расчетных гидрографов принимают по моделям наблюдаемых высоких весенних половодий (дождевых паводков) с наиболее неблагоприятной их формой для работы мостовых сооружений.

Ежегодные значения основных элементов гидрографа рекомендуется определять для створа проектируемого мостового перехода путем анализа ближайшего гидрометрического створа с многолетними наблюдениями. При необходимости расчеты нужно выполнять для нескольких моделей гидрографов, что позволит произвести выбор наиболее невыгодной формы из них для работы мостового перехода по пропуску половодий или паводков через мостовые отверстия.

2. Для проектирования мостовых переходов и малых водопропускных дорожных сооружений схематизацию гидрографов весеннего половодья и дождевых паводков допускается осуществлять по геометрическим фигурам и типовым моделям. При простых одномодальных гидрографах малых и средних рек с весенним половодьем или дождевыми паводками для построения расчетных гидрографов рекомендуется использовать уравнения:

$$\text{для ветви подъема: } Q_t = Q_p \left(\frac{t}{t_n} \right)^m; \quad (7.36)$$

$$\text{для ветви спада: } Q_t = Q_p \left(\frac{t_{cn} - t}{t_{cn}} \right)^n, \quad (7.37)$$

где m и n — показатели кривых подъема и спада, принимаемые соответственно равными $m=n=2$ для весенних половодий и $m=2, n=3$ для дождевых паводков (при $m=n=1$ гидрограф принимает треугольную форму, используемую при расчете отверстий малых дорожных водопропускных сооружений); Q_t — текущая ордината расхода воды; Q_p — максимальная ордината гидрографа, соответствующая расчетному расходу воды заданной вероятности превышения; t — текущая абсцисса времени от нуля до пика подъема и от этого пика до нуля спада; t_n и t_{cn} — продолжительность соответственно подъема и спада всды

Под нулем гидрографа при расчете мостовых переходов понимается момент выхода воды на пойму.

3. Продолжительность подъема весеннего половодья определяют по формуле

$$t_n = T_c + L/v, \quad (7.38)$$

где T_c — продолжительность схода основной массы снегового покрова, принимаемая по наблюдениям на ближайших метеостанциях к геометрическому центру водосборной площади или смежной реке, а при отсутствии таких данных — ориентировочно по табл. 7.3, сутки; L — длина реки до расчетного створа моста, км; v — средняя скорость течения воды в русле на пике весеннего половодья, км/сутки.

Отношение продолжительности спада t_{cn} к продолжительности подъема весеннего половодья t_n принято принимать по гидрографу смежной реки-аналога или назначать ориентировочно равными 2—2,5 для рек степной и лесной зон СССР и 3—4 для озерных и заболоченных рек с большими поймами.

Объем максимального весеннего стока требуемой вероятности превышения при схематизации гидрографа согласно формулам (7.36) и (7.37) при $m=n=2$ определяют в m^3 по формуле

$$W_p = 28800 Q_p t_n (1 + \gamma), \quad (7.39)$$

где $\gamma = t_{cn} / t_n$.

Характер водосборов	T_c , сутки
Заболоченные водосборы лесной зоны	6
Водосборы в зонах лесной лесостепной степной Европейской части СССР степной Казахстана полупустынь	5 4 3 2 1

4 Продолжительность подъема дождевых паводков определяют в часах по формуле

$$t_n = 0,278k_n L / v_n, \quad (7.40)$$

где k_n —коэффициент, принимаемый равным единице для паводков, формирующихся от коротких ливневых дождей, и равным 1,5 для паводков, формирующихся от обложных дождей продолжительностью более суток, v_n —средняя за время подъема скорость добега пика дождевого паводка, равная $0,7 v_{\max}$ где v_{\max} —максимальная скорость течения в расчетном створе, м/сек

Продолжительность дождевых паводков может быть установлена по формуле

$$T_n = t_n + t_{cn} = t_n (1 + \gamma), \quad (7.41)$$

где $\gamma = t_{cn}/t_n$ принимают по типовому гидрографу смежной реки-аналога или ориентировочно назначают равным от 1,5—2 для малых рек с безлесными водосборами и малопроницаемыми почвогрунтами до 3—4 для малых рек с лесистыми водосборами или проницаемыми почвогрунтами (а также для средних рек с обычными поймами) и до 4—6 для больших рек со значительными поймами

Объем дождевого стока определяют по формуле в m^3 (время подъема в часах)

$$W_p = 300Q_p t_n (4 + 3\gamma). \quad (7.42)$$

При наличии данных одновременных наблюдений за дождевыми осадками, вызвавшими паводок, и за паводочными уровнями воды в створе мостового перехода продолжительность подъема может быть определена по формуле

$$t_n = k_n t_{cd}, \quad (7.43)$$

где t_{cd} — время сдвига между пиком дождя и пиком паводка, час

Продолжительность подъема пика паводка может быть оценена при известном расходе воды (в m^3/c) по формуле

$$t_n \approx 1,7L / (I^{1/3} Q^{1/4}), \quad (7.44)$$

где I —средний уклон водотока от истока до расчетного створа мостового перехода, ‰

При отсутствии данных наблюдений для приближенных расчетов могут быть применены следующие ориентировочные соотношения продолжительности ветвей подъема и спада гидрографа:

F , км ²	300—500	500—5000	более 5000
t_n t_{cn}	1 1(1,5)	1 · 1,5(2)	1 2(2,5)

При многовершинных и растянутых дождевых паводках целесообразна схематизация гидрографов по модели реальных паводков, а также с применением генетических методов моделирования [49].

7.6. Линейно-региональные нормы для расчетов максимального дождевого стока в неизученных районах СССР и зарубежных странах

1. Наиболее достоверные данные о максимальном стоке в неизученных районах могут быть получены путем проведения инженерно-гидрометеорологических изысканий в конкретных районах проектирования, обобщения их результатов и разработки на их основе линейно-региональных норм стока.

В составе этих изысканий предусматривают: краткосрочные гидрометрические наблюдения на выборочных створах больших мостовых переходов; массовые полевые морфометрические обследования всех остальных пересекаемых трассой дороги водотоков с определением расходов и уровней воды по следам, меткам паводков прошлых лет, а также по опросам старожилов и местных жителей; обследования для выявления и учета региональных особенностей формирования и регулирования максимального стока; обследования пересекаемых водотоков после прохода паводков в период изысканий; обследования построенных ранее водопропускных сооружений в данном районе.

В результате выполненных обследований должны быть собраны сведения, включающие гидрографические характеристики водосборов; основные параметры построенных ранее водопропускных сооружений и их расположение; местоположение стационарных пунктов гидрометрических наблюдений и данные по ним. Должны быть зафиксированы отметки и даты уровней паводков прежних лет, изучены метеорологические условия формирования максимального стока и выявлены региональные особенности формирования максимального стока и его регулирования. Состав и методология этих работ предусмотрены в методических рекомендациях [37].

При разработке и обосновании линейно-региональных норм максимального стока следует использовать не только результаты полевых краткосрочных обследований и многолетних гидрометрических наблюдений на водомерных постах, но и данные по осадкам в районе изысканий и прилегающих к нему регионов. Сведения об осадках в большинстве районов имеют более продолжительные периоды наблюдений и более доступны. Эти сведения позволяют наиболее полно отразить ливневые и синоптические условия района проложения дороги и обоснованно производить выбор аналогов и географическую интерполяцию и экстраполяцию различных гидрометеорологических параметров максимального стока из районов изученных в районы неизученные.

2. Необходимость выполнения тех или иных изыскательских работ для разработки и обоснования линейно-региональных норм

максимального стока следует определять в зависимости от степени гидрометеорологической изученности и сложности природных условий района проектирования, срока проведения, состава и организации изыскательских работ на данном объекте. Сроки начала проведения инженерно-гидрометеорологических изысканий максимального стока на наиболее сложных объектах должны предшествовать другим видам инженерных изысканий. В некоторых случаях может быть необходима постановка экспресс-метеорологических и экспресс-гидрологических наблюдений. Состав работ по экспресс-метеорологическим наблюдениям рассмотрен в методических документах.

3. При разработке и обосновании линейно-региональных норм подлежат выполнению: расчеты расходов по следам паводков и по многолетним наблюдениям; оценка вероятностей превышений наблюдавшихся расходов, уровней и дождевых осадков; построение зависимости максимальных модулей стока от площади водосбора; оценка достоверности исходных материалов и результатов расчетов; расчеты ливневых характеристик максимального стока и обоснование их распределения по территории района изысканий; анализ применимости существующих в заданном районе теоретико-эмпирических формул; обоснование параметров расчетных формул максимального стока; установление методов получения коэффициентов, учитывающих региональные особенности района изысканий и отдельных водотоков; сопоставление результатов расчета по региональной формуле натурными наблюдениями.

Расходы воды по следам, меткам и опросам старожилов вычисляют морфометрическим путем, а расходы воды по данным многолетних гидрометрических измерений статистическими методами.

Наряду со сведениями о высоких паводках представляют интерес сведения о засушливых годах и самых низких паводках, а также частота их чередования, продолжительность выдающихся паводков и размеры причиненных убытков.

По максимальным расходам воды Q_m , определенным по данным краткосрочного полевого обследования или гидрометрических измерений, с учетом формулы (7.34) вычисляют натурные максимальные интенсивности водоотдачи

$$A_m = Q_m / (F \varphi k_I k_\Phi). \quad (7.45)$$

Значительный разброс значений параметров A_m связан с получением их по расходам воды различной вероятности превышения. Поэтому натурные максимальные интенсивности водоотдачи являются контролем при назначении максимальной интенсивности водоотдачи заданной вероятности превышения.

4. Оценку повторяемости наблюдавшихся паводков и установление расчетных вероятностей выполняют с учетом возможных пределов интенсивности водоотдачи в данном климатическом районе путем сопоставления их натуральных и теоретических значе-

ний A_p различной вероятности превышения, вычисляемых по формуле

$$A_p = 16,7 a_p \alpha_p, \quad (7.46)$$

где a_p и α_p имеют те же обозначения, что и в формуле (7.34).

Часовая интенсивность дождевых осадков $a_{\text{час}}$ и коэффициент учета неравномерности распределения расчетных осадков по площади водосбора подлежат региональному уточнению при наличии данных метеорологических наблюдений в районе проектирования.

5. В результате ознакомления и изучения собранных материалов производят тщательный анализ синоптической обстановки района с увязкой аналогичных сведений по метеорологическим условиям близлежащих районов. На основании этого анализа составляют карту-схему прохождения ливнеформирующих потоков с указанием направления их движения, времени года и дат формирования особо выдающихся ливней на рассматриваемой территории.

При составлении таких карт нужно использовать материалы аэрологического зондирования маршрутов авиации, а также мировые атласы погоды и другие источники.

При анализе синоптической обстановки должны быть установлены расчетные траектории движения воздушных масс в период выпадения выдающихся дождей, а также произведена оценка возможных смещений наиболее ливнеопасных потоков в пределах заданного района. На основании анализа синоптической обстановки, учета географического положения района изысканий и опорной сети гидрометеорологических наблюдений производят выбор исходных метеостанций, определяют состав и программу работ по обоснованию необходимых ливневых характеристик. Необходимо составить карту расположения пунктов метеорологических наблюдений и перечень метеостанций, привлекаемых к расчетам, с указанием географических координат, высот местности и периода наблюдений.

На исходных метеостанциях производят сбор данных по осадкам за различные интервалы времени (1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 60 мин, 3, 6, 12 ч. и 1, 2, 3 суток). Сбор этих данных выполняют в виде выборок ежегодных максимумов осадков за все годы наблюдений и по различным интервалам времени за период наблюдений. Необходимо использовать как материалы самописцев с непрерывной записью хода дождя, так и данных дождемеров. Особое внимание должно быть уделено сбору сведений о выдающихся ливнях.

6. Для установления зависимости максимальной интенсивности осадков от их продолжительности T необходимо использовать все имеющиеся записи дождей самописцами или дождемерами. Предварительно производят их систематизацию по пунктам наблюдений, приводят к единой размерности (в мм/мин) и проверяют достоверность этих материалов. По данным статисти-

ческой обработки для каждого интервала времени вычисляют интенсивности осадков а для требуемых вероятностей превышения. По вычисленным значениям а строят зависимость интенсивности осадков от продолжительности $a=f(T)$ по каждой метеостанции (рис. 7.4).

7. Для аналитической оценки расчетной интенсивности осадков по продолжительности используют формулу ГГИ.

$$a = \frac{s}{(T+c)^{П_T}}, \quad (7.47)$$

где а—расчетная максимальная интенсивность осадков, мм/мин, s—предельная интенсивность осадков при $T=1$ мин, мм/мин, T—расчетная продолжительность дождя, мин, $П_T$ —показатель степени редукции осадков по продолжительности, с—поправочный коэффициент, учитывающий уменьшение интенсивности в зоне малых продолжительностей

Опыт применения зависимости (7.47) показывает, что значение показателя степени П, в интервале продолжительности более 1 ч изменяется сравнительно мало (в пределах 0,60—0,77) и остается постоянным для каждой метеостанции. В интервале от 1 до 60 мин показатель степени изменяется в пределах 0,25—0,60;

поправочный коэффициент с определяют индивидуально для каждой метеостанции по эмпирическим точкам, полученным в результате обработки рядов осадков для интервалов продолжительности менее 1 часа (см. рис. 7.4). В случае отсутствия данных для оценки зависимости (7.34) в интервале малых продолжительностей значение с принимают равным единице. Это допущение позволяет определять величины интенсивностей осадков с некоторым запасом, что может быть оправдано для неизученных районов. Учитывая, что в интервале времени от 1 ч до 3 суток зависимость $a=f(T)$ имеет прямолинейный характер, можно только по данным осадкомеров построить указанную зависимость в этом интервале, и путем графической экстраполяции определить величины интенсивностей дождя для времени 1 ч. Для этой цели производят статистические расчеты максимальных сумм осадков продолжительностью 1, 2 и 3 суток и строят зависимости $a=f(T)$ (рис 7.5).

При недостаточности исходных данных по этим графикам могут быть вычислены (с некоторым запасом) интенсивности осадков для интервалов 20, 30 и 45 мин.

Одновременно с вычислением интенсивностей по зависимостям (см. рис. 7.4 и 7.5) устанавливают показатель редукции осадков П по продолжительности, который определяют как тангенс угла наклона кривой $a=f(T)$. Величина показателя редукции может изменяться не только по каждой метеостанции, но и в зависимости от различных значений вероятностей превышения расчетных осадков.

Для практических расчетов принимают одно значение показателя редукции осадков для каждой метеостанции, оценивая его величину в диапазоне возможных вероятностей превышения (0,3—3%).

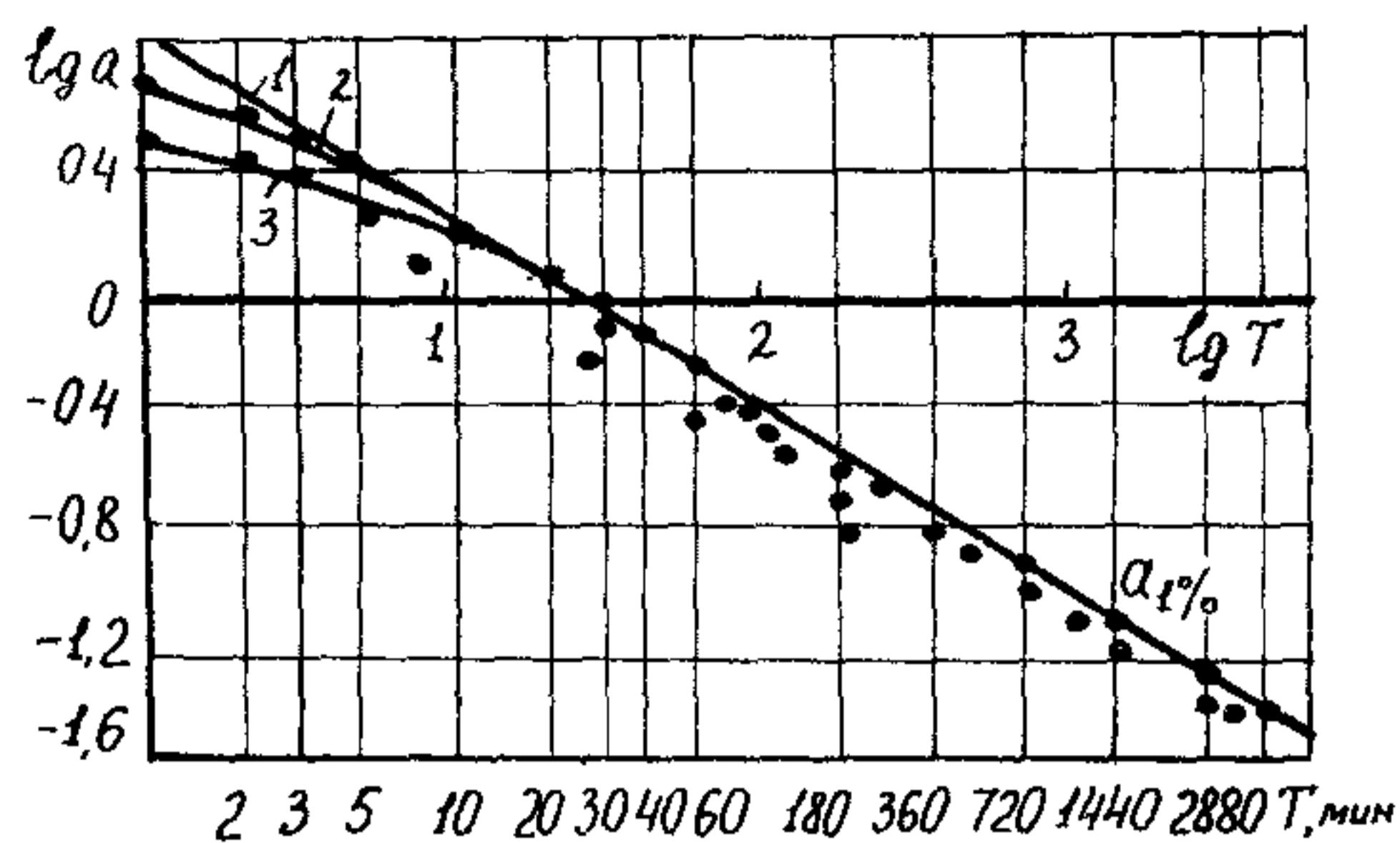


Рис. 7.4. Зависимость интенсивности выпадения дождевых осадков от их продолжительности:
1—при $c=0$; 2—при $c=1$, 3—по материалам наблюдений на метеостанциях района проектирования

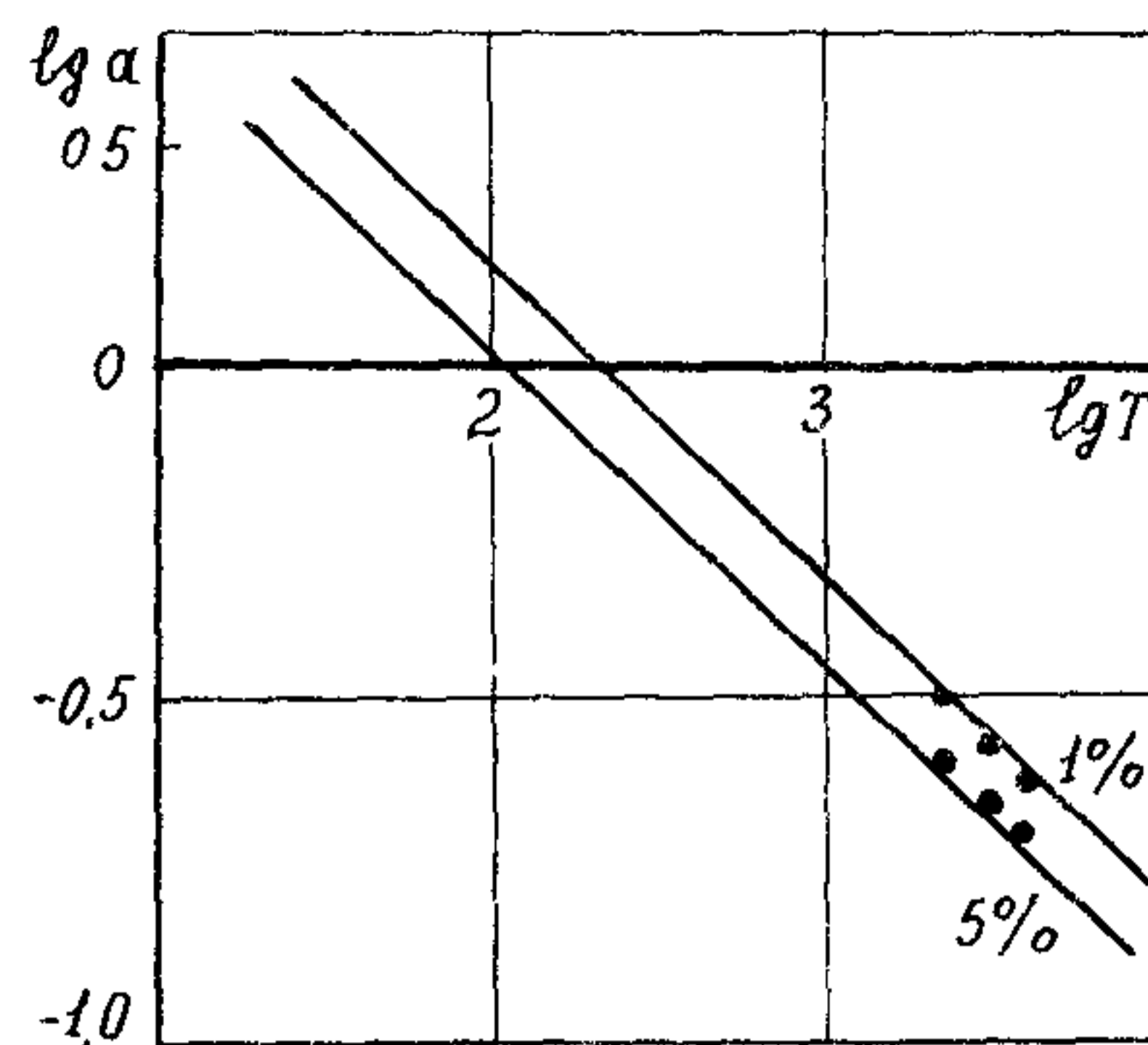


Рис. 7.5. Зависимость интенсивности дождевых осадков от продолжительности их выпадения в интервале от 1 часа до 3 суток

Поскольку вычисленные расчетные интенсивности и показатели редукции осадков имеют различные значения на исходных метеостанциях, производят их районирование для заданного района или направления проектируемой дороги.

Если невозможно составить карты по территории всего района, производят обоснование выбора расчетной метеостанции или группы метеостанций, которые могли бы надежно характеризовать ливневые условия для расчета максимального стока в районе проектирования или на отдельных участках дороги.

8. Для установления репрезентативных количественных ливневых характеристик в конкретном регионе необходимо выявить зависимости расчетных максимумов осадков от местных орографических (рельефа) и других условий. С этой целью строят графики зависимостей расчетных ливневых характеристик от высоты местности и географических координат.

Для районов с недостаточным числом исходных метеостанций необходимо рассматривать вопрос о возможности географической интерполяции расчетных максимумов осадков из районов изученных в районы неизученные.

9. В некоторых районах наблюдения за осадками ведутся (или производились) только осадкомерами, поэтому возникает необходимость определения осадков продолжительностью 1 ч по данным суточных максимумов $H_{сут}$. Слой осадков часовой продолжительности определяют как $H_ч = k_ч \cdot H_{сут}$ при $k_ч = \frac{1}{24^{1-n}}$,

где $k_ч$ —переходный коэффициент от суточной суммы осадков к часовой; n —показатель степени редукции осадков по продолжительности

В муссонных районах переходный коэффициент $k_ч$ может изменяться по территории в пределах 0,30—0,45 для дождей 1—2% повторяемости.

10. Для установления площади одновременного охвата расчетным дождем следует произвести анализ ежедневных записей выпадающих осадков за различные интервалы времени и за все годы наблюдений по всем пунктам наблюдений района изысканий с регистрацией дождей, одновременно наблюдаемых на нескольких метеостанциях. При регистрации выписывают дату дождя, количество выпавших осадков, интервал времени и наименование метеостанций с систематизацией полученных сведений.

Для наиболее сильных дождей, одновременно зафиксированных на нескольких метеостанциях, строят схематические карты изолиний выпавших осадков (изогиет). При недостаточности метеостанций или их редком расположении по территории района вместо карт нужно строить маршруты изолиний по направлению изыскиваемой дороги или по направлению нескольких метеостанций. В районах с недостаточной изученностью при проведении изолиний допускается ливневая интерполяция между метеостанциями.

11. Для перехода от осадков в центре дождя к осадкам на различных площадях водосборов устанавливают переходные коэффициенты для снижения расчетных величин осадков от увеличения площади одновременного орошения дождем. С этой целью для различных площадей F_i или длин маршрутов L_i , ограниченных изоляциями H_i , вычисляют средневзвешенные $H_{св}$ по площади или длине маршрутов суммы осадков $H_{свi}$ и строят зависимость (рис 7.6).

$$H_{свi} = f(F_i) \text{ или } H_{свi} = f(L_i).$$

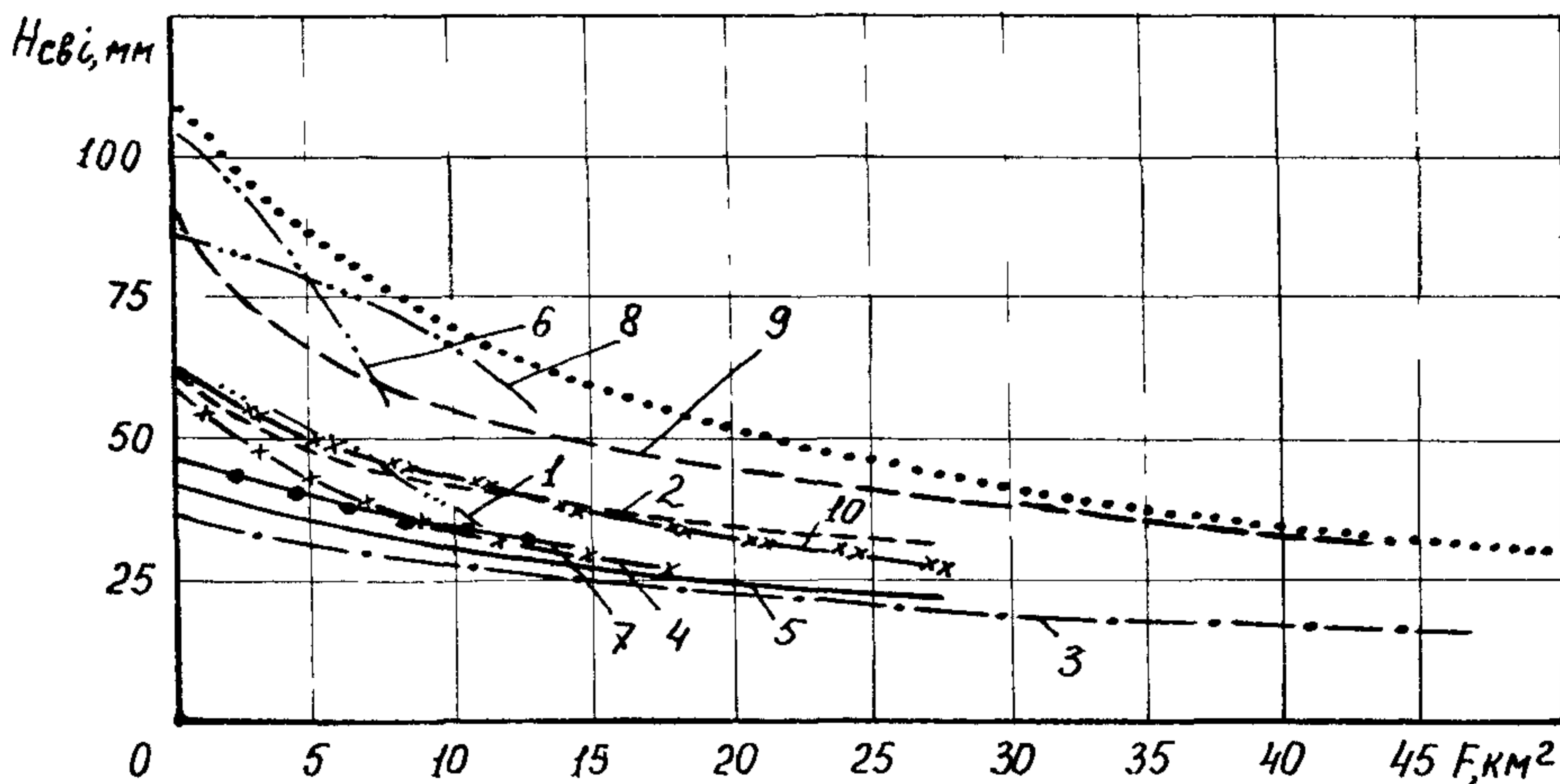


Рис 7.6 Кривые зависимости $H_{свi} = f(F_i, L_i)$ десяти (1—10) дождей, продолжительностью 24 часа

Расчетной принимают верхнюю огибающую, характеризующую максимальный из наблюдавшихся ливней. При достаточно многолетних данных выполняют вероятностную оценку этой огибающей. Расчетные средневзвешенные слои осадков $H_{св}$ определяют для различных площадей или длин маршрутов. При недостаточных данных наблюдений по плювиографам схематические карты или маршруты изолиний (изогиет) могут быть составлены по данным дождемеров.

Для перехода от расчетных осадков в центре ливня H_0 к осадкам на различных площадях применяют коэффициенты редукции осадков по площади (k_F) или по длине выбранного маршрута (k_L), определяемые по формуле

$$k_F = H_{св} : H_0.$$

Для определения слоя осадков в центре дождя принимают расчетный дождь. По вычисленным значениям коэффициента редукции строят зависимость $k_F = f(F)$ или $k_L = f(L)$ и составляют таблицы расчетных значений коэффициента редукции осадков по площади в заданном районе изысканий.

В районах, где для определения коэффициента редукции были использованы маршруты изолиний, устанавливают переход от длин намеченных маршрутов к величинам площади.

12. Одной из наиболее характерных закономерностей максимального стока является убывание (редукция) единичных максимальных расходов ($q = Q : F$) с увеличением водосборной площади.

Для учета фактической редукции модулей максимального стока необходимо по каждому из однородных районов проложения дороги построить расчетные зависимости $q = f(F + 1)$ отдельно для каждого из зафиксированных паводков прошлых лет (рис. 7.7).

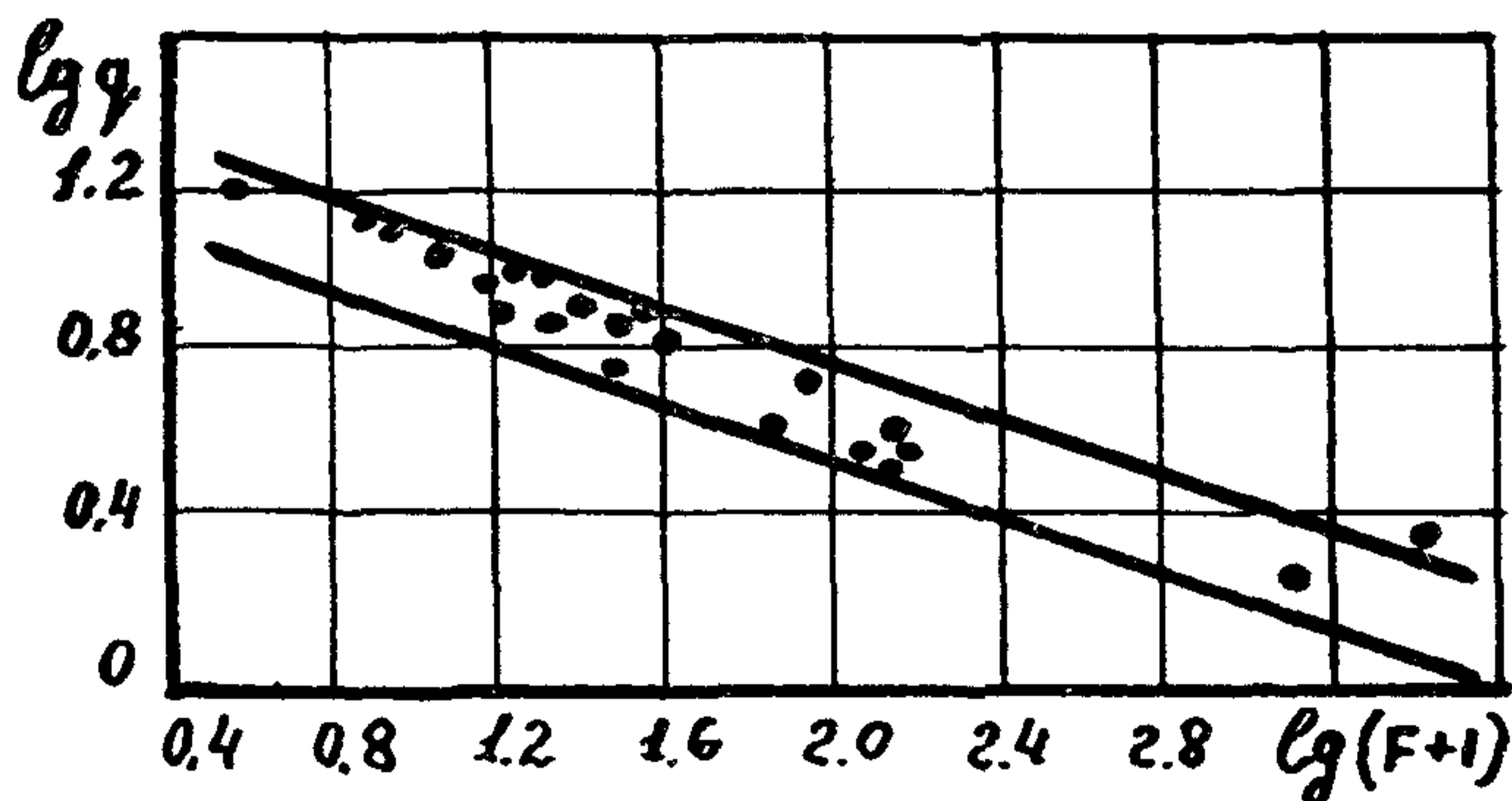


Рис 7.7 Зависимость максимальных модулей стока от площади водосбора по данным наблюдений за паводками

Характер индивидуальных морфологических особенностей водосборов, неодинаковая вероятность превышения максимумов, рассматриваемых в одной группе, а также некоторая индивидуальность метеорологических условий над каждым водосбором определяют амплитуду отклонений отдельных максимумов на водосборах одинаковой площади. Поэтому рекомендуется выделять огибающими наиболее плотное поле точек (см. рис. 7.7). Наклон этих огибающих должен отражать общую направленность всего поля точек по водосборам, используемым в построении рассматриваемых зависимостей. По всем однородным участкам дороги и для паводков различной вероятности превышения определяют фактический показатель степени редукции Π как тангенс угла, образуемого наклонными огибающими с осью абсцисс $\lg F$.

Вполне очевидно, что верхняя огибающая будет отражать наибольшие значения максимумов для всего района, представленного наблюдениями. Теоретическая оценка фактических величин показателя степени редукции должна производиться с помощью показателей редукции n_1 в зависимости $a=f(T)$ и n_2 в зависимости $q=f(F)$ по формуле Д. Л. Соколовского

$$n_T = n_1 \cdot n_2.$$

Показатель степени редукции—переменная величина, зависящая по данным ряда исследователей как от физико-географического положения района, так и от размеров водосборных площадей. В табл. 7.4 приведены ориентировочные значения показателя степени n_T .

Т а б л и ц а 7 4

Географические районы	n_T	Географические районы	n_T
Бассейн Верхнего и Среднего Амура	0,40	Южно-Уральская ж. д	0,57
о. Сахалин	0,40—0,45	Волгоградская область	0,56
Районы Дальнего Востока	0,36—0,42	Колыма	0,23
Южное Приморье	0,37	Московская обл (малые водосборы, менее 0,3 км ²)	0,49—0,56
Горные и полугорные районы Приморья (Амурская обл и Европейская авт обл.)	0,40	Корея	0,25—0,30
Украинская ССР (Приазовская возвышенность, юго-восточные склоны Волыно-Подольской возвышенности, Верховья р. Десны)	0,50	Северная Индия	0,25
Восточные Карпаты	0,50	Непал (Теран, Сивалик, Махабхарат)	0,33
Армянская ССР	0,46—0,70	Бирма	0,35
Центральные черноземные области (малые водотоки)	0,58	Северные районы Вьетнама	0,20—0,35
		Сирия	0,30—0,38
		Ирак	0,35
		Афганистан	0,37—0,40

13. При разработке линейно-региональных норм максимального стока признано недопустимым применять методы косвенных аналогий с отдаленными физико-географическими районами, а также применение формул без обоснования их параметров данными наблюдений и без сопоставления результатов расчета с натурными расходами.

При отсутствии данных гидрометеорологических наблюдений непосредственно в районе изысканий обоснование предварительных региональных зависимостей максимальных расходов дождевых вод может быть произведено методом географической интерполяции, который предусматривает использование натуральных данных по группе обследованных водосборов для установления основных параметров региональной формулы в заданном районе по интерполяции между этими водосборами. За пределами этих водосборов возможна экстраполяция расчетных параметров. Границы экстраполяции следует определять индивидуально и с обязательным обоснованием их положения.

Метод географической интерполяции правомерен в пределах одного физико-географического района, характеризующегося одинаковыми климатическими условиями и рельефом. На территории изучаемого района должны быть установлены опорные водосборы, на которых имеются натурные наблюдения за расходами воды (или осадками), и составлена карта-схема их расположения.

На опорных створах по вычисленным расходам с учетом формулы (7.45) определяют элементарные модули максимальных расходов. Районирование вычисленных величин A_m производят путем проведения по карте-схеме изоляций по интерполяции между центрами тяжести опорных бассейнов с известными значениями модуля. Интерполяцию следует производить перекрестным способом по направлениям прямых линий, связывающих каждую точку замкнутого опорного полигона со всеми другими точками.

Расходы, получаемые методом географической интерполяции, могут иметь весьма ориентировочные значения, точность определения которых составляет в ряде районов $+40—60\%$ от действительных. Это обстоятельство следует учитывать при оценке принимаемых проектных решений.

Таким же методом можно районировать и другие параметры расчетных формул, в том числе и метеорологические характеристики максимального стока, для которых в качестве опорных используют пункты метеорологических наблюдений.

14. Применение линейно-региональных норм, основанных на результатах инженерно-гидрометеорологических изысканий максимального стока, обеспечивают определенную направленность изыскательских работ и обоснованность расчетных максимумов стока. Границы применимости региональных норм определяются размерами района изысканий и величинами водосборов, пересекаемых дорогой.

Наряду с линейно-региональными нормами в практике транспортного строительства находят применение и такие региональ-

ные нормы, которые основаны на большей гидрометеорологической информации по отдельным регионам СССР. Наибольшее применение получили нормы Дальгипротранса (автор И. И. Шереметьев).

7.7. Перенос уровней и расходов с водпостов на створ перехода

1. Расчетные уровни со створов водомерных постов переносят на створ перехода с учетом заторных и подпорных явлений в соответствии с СНиП 2.01.14—83 [71]:

а) при наличии одновременных водомерных наблюдений на створах водомерного поста и перехода—по кривой связи уровней.

б) при отсутствии одновременных наблюдений или надежной связи уровней—по перенесенным со створа поста на створ перехода уровням воды заданной вероятности превышения;

в) при расположении водомерного поста не далее 3 км—по уклону водной поверхности в паводок.

При нескольких водомерных постах с различными периодами наблюдений строят кривые связи между этими водпостами и на посту, ближайшем к переходу, получают удлиненный ряд уровней. Расчетные уровни переносят на переход со створа этого водпоста.

Увязка уровней для переноса между водпостами надежна, если при построении кривых связи коэффициент корреляции $R \geq 0,8$. Удлиненный ряд уровней поста, с которого производят перенос, должен иметь не менее 20 членов и быть близким к переходу по морфологическим условиям и площади водосбора.

2. Для графика связи выбирают сходственные уровни (т. е. одинаковой фазы), наблюдаемые на водпосту и переходе: самые высокие, низкие и характерные уровни, соответствующие переломам графика $H=f(T)$. Кроме сходственных, используют и другие уровни, но с учетом времени добегания между водпостами и створами перехода.

Для надежной экстраполяции кривой связи уровней используют также амплитуды высоких исторических уровней над нулями многолетнего поста и временного поста на переходе (рис. 7.8, а).

Время добегания определяют по сходственным характерным уровням, наблюдаемым на водпосту и переходе. Время добегания увеличивается от пика паводка к межени вследствие уменьшения скоростей течения. Поэтому определяют время добегания для нескольких сходственных уровней и строят график $t_{\text{доб}}=f(H)$ (рис. 7.8, б).

Экстраполяция верхней части кривой связи за пределами наблюдений для створов с поймами возможна при условии наблюдений уровней на отметках выше средней отметки пойм.

Если надежной связи по сходственным и ежедневным уровням не получается, то строят график связи уровней равной обеспеченности (рис. 7.9).

3. Уклон водной поверхности может изменяться с изменением уровня. Поэтому при переносе уровней по уклону необходимо одно-

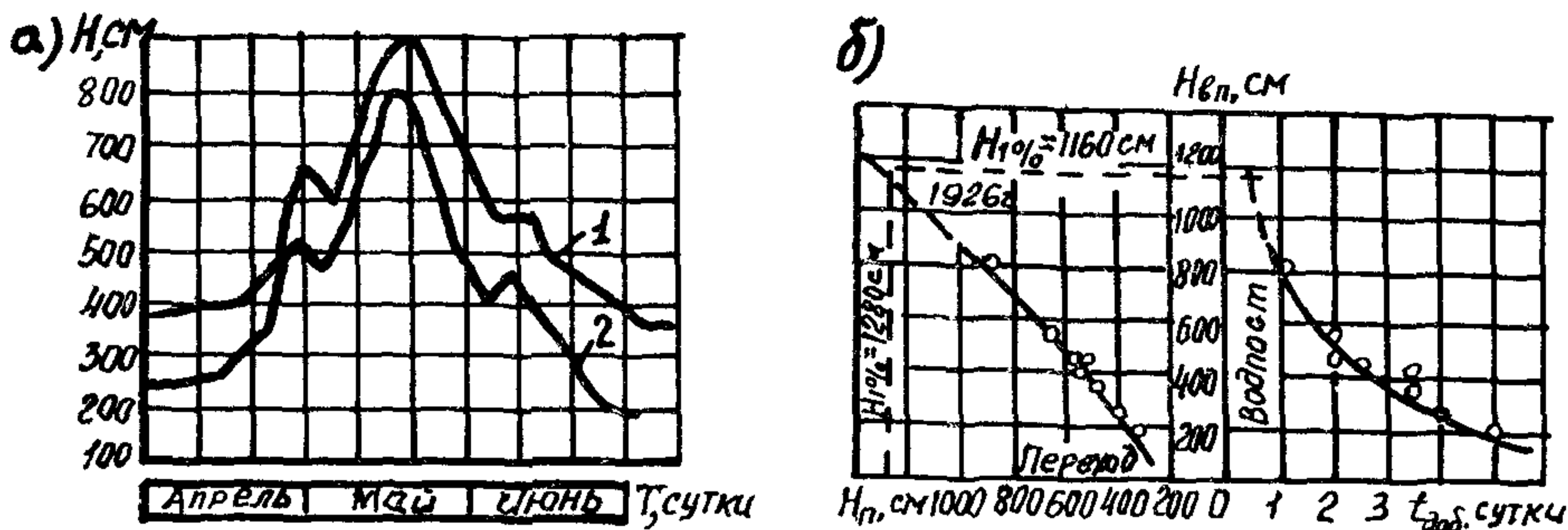


Рис 78 Пример построения кривой связи уровней воды между водпостом и переходом

1—переход, 2—водпост а—водомерные графики, б—графики времени добегания

временной нивелировкой урезов воды на участке переноса уровней установить характер и размеры этого изменения; в результате должно быть принято расчетное значение уклона $i_{расч}$ или построена зависимость $i_{расч} = f(H)$.

При переносе на соседние створы расчетных наивысших уровней воды на горных участках рек следует учитывать искривления поверхности воды на поворотах русла.

Перенос расчетных наивысших уровней воды в пределах участков рек, находящихся в подпоре, производится по кривым подпора.

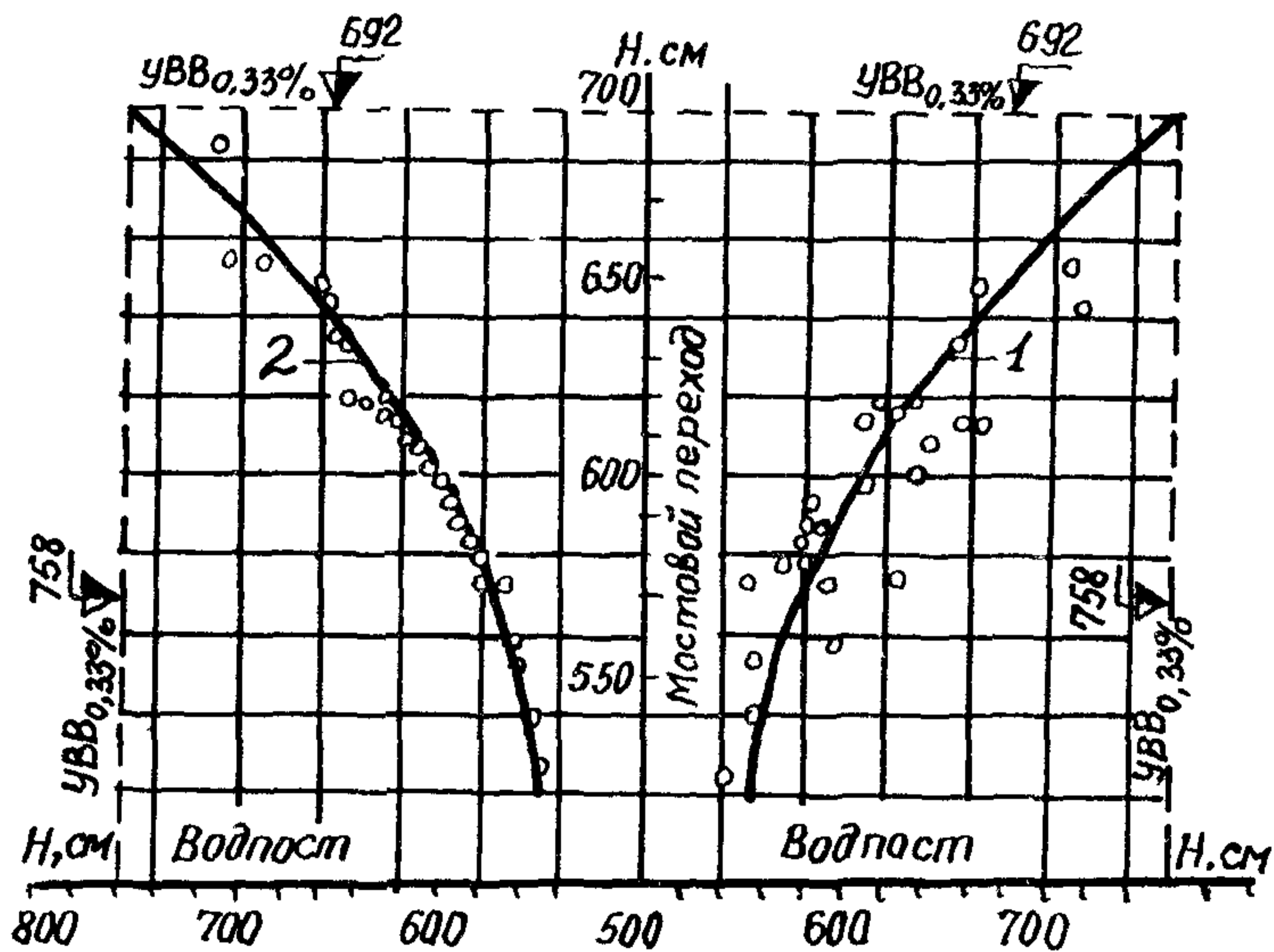


Рис 79 Пример построения кривых связи сходственных уровней (1) и уровней равной обеспеченности (2)

5. Перенос на другие створы расчетных наивысших уровней воды в период ледохода при отсутствии заторов льда на участке реки производят по графикам связи соответственных уровней воды или по кривым расходов воды $Q=f(H)$ и расходам $Q_{p\%}'$, определяемым по формуле

$$Q_{p\%}' = Q_{p\%}/k_{\text{зим}},$$

где $Q_{p\%}$ — расход расчетной вероятности превышения, $k_{\text{зим}}$ — коэффициент, учитывающий изменение гидравлики потока во время ледохода, принимаемый по данным наблюдений в опорном пункте

6. Перенос расчетных наивысших заторных уровней воды в пределах участков до 3 км на малых и средних реках и до 10 км на больших производят по уклону водной поверхности при высоком уровне. На большие расстояния перенос расчетных заторных уровней воды осуществляется при наличии данных о продольном профиле водной поверхности.

7. Определение расчетных наивысших уровней воды озер следует производить по кривым распределения ежегодных вероятностей превышения уровней воды озер теми же приемами, что и для рек. При назначении расчетных уровней воды озер, полученных по кривым распределения ежегодных вероятностей превышения этих гидрологических характеристик, необходимо учитывать высоту ветрового нагона, определяемую по СНиП 2.06 04—82*.

Перенос наивысших уровней воды озер опорного водомерного поста к другим постам производят по графикам связи уровней воды с учетом волнения и ветрового нагона.

8. Расходы расчетной вероятности превышения со створа водпоста, где имеется многолетний ряд наблюдений, переносят на створ перехода с учетом изменения площади водосбора на участке водпост—переход. Это возможно, если расчетный слой суммарного стока дружности половодья и показатель степени его редукции для расходов талых вод или модуль максимального расхода и показатель степени его редукции остаются неизменными. В противном случае максимальные расходы определяют для створа мостового перехода методом аналогий

Допускается переносить максимальные расходы на створ перехода по региональным зависимостям $M=f(A)$, где $M = \frac{Q}{A}$ — модуль максимального расхода, полученный по натурным данным.

7.8. Расчет судоходного и меженного уровней в створе перехода

Расчетный судоходный уровень (PCY) определяют в соответствии с обязательным прил. 3 ГОСТ 26775—85 [6].

1. Для нешлюзовых рек определение PCY производят в следующем порядке:

а) Определяют класс внутреннего водного пути, зависящего от гарантированной глубины судового хода на перспективу (не менее 15 лет от срока ввода моста в эксплуатацию).

Гарантированная глубина судового хода на перспективу устанавливается министерством (ведомством), регулирующим судоход-

ство на соответствующем водном пути, или организацией, уполномоченной министерством, по генеральной схеме развития путей водного транспорта с учетом объема перевозок на перспективу, реальных условий судоходства, габаритов существующих мостов и др.

б) Определяют расчетную (среднегодовую) продолжительность физической навигации T , в сутках, как среднеарифметическое этих периодов за все годы наблюдений (не менее 10 лет).

За период навигации в общем случае принимается продолжительность периода, когда река свободна от ледостава и других ледяных образований. В случае, когда лед на реке или водохранилище искусственно взламывается ледоколом, за начало навигации принимают дату прорезания канала, пригодного для прохода судов.

в) Определяют допустимую по классу водного пути продолжительность ($t_{\text{сут}}$) стояния уровней воды выше РСУ по формуле

$$t = \frac{kT}{100}, \quad (7.48)$$

где k —коэффициент допускаемого снижения навигации, принимаемый по табл. 7.5

г) По водомерным графикам паводков (половодий) $H=f(t)$ определяют для всех лет наблюдений уровни воды H_T , превышаемые более высокими в течение $t_{\text{сут}}$.

д) Полученный ряд уровней H_T ранжируют в порядке убывания и для каждого уровня определяют их эмпирическую вероятность превышения P_m по формуле (7.2).

е) По найденным эмпирическим точкам на клетчатке нормального распределения строят плавную кривую $H_T=f(P_m)$. В зависимости от расчетной вероятности превышения уровня P_d , определяемой из табл. 7.5, и устанавливают расчетный судоходный уровень РСУ.

Таблица 7.5

Класс внутреннего водного пути	Участки нешлюзовых и первой зоны шлюзовых рек		Участки второй зоны шлюзовых рек	
	Коэффициент допускаемого снижения навигации k	Расчетная вероятность превышения уровня P_d , %	Коэффициент допускаемого снижения навигации k	Расчетная вероятность превышения уровня P_d , %
I	5	2	5	2
II	6	3	6	3
III	6	4	6	4
IV	5	5	7	5
V	3	5	7	5
VI	2	4	6	6
VII	2	4	6	6

2 Для шлюзовых рек и водохранилищ расчет РСУ производят в следующем порядке:

а) Устанавливают класс реки в соответствии с указаниями ГОСТ 26775—85.

б) Если судоходство в паводок совершается через разборчатые плотины, то расчетный судоходный уровень определяют так же, как для нешлюзовых рек.

в) Если на реке в продолжении всей навигации имеется подпор, создаваемый плотиной, а паводок проходит через плотину при отметках ниже нормального подпорного уровня (НПУ), то определяют зону верхнего бьефа плотины, в которой расположен мост (рис. 7.10):

в первой зоне—когда отметки уровня пропуска паводка расчетной вероятности ниже отметок НПУ с учетом кривой подпора;

во второй зоне—когда отметки уровня пропуска паводка расчетной вероятности выше отметок НПУ с учетом кривой подпора.

г) При расположении моста в первой зоне за РСУ принимают подпорный уровень водохранилища с учетом кривой подпора; при этом отметка РСУ должна быть не менее, чем на 0,5 м выше отметки НПУ водохранилища.

При длительном стоянии форсированных уровней, превышающих НПУ более чем на 0,5 м, отметку РСУ следует устанавливать на основании комплексного технико-экономического обоснования.

д) Если мост расположен во второй зоне, РСУ определяют в последовательности:

по материалам наблюдений за уровнями воды и с учетом проектных данных водохозяйственных расчетов плотины определяют расчетную продолжительность физической навигации как среднearифметическое этих продолжительностей за все годы наблюдений;

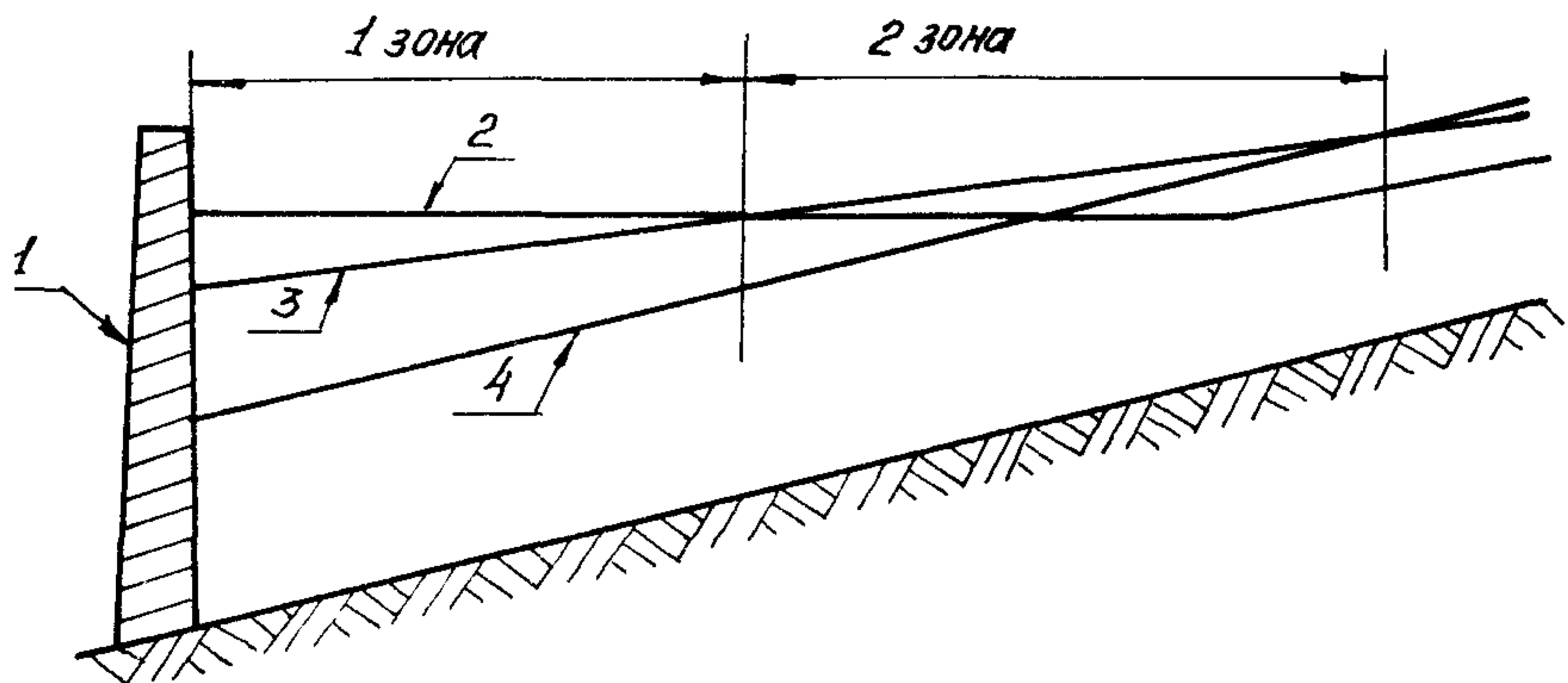


Рис 7.10 Схема расположения зон (к расчету РСУ):

1 плотина, 2—нормальный подпорный уровень НПУ, 3—уровень пропуска паводка обеспеченностью P_0 через водосливные отверстия плотины, 4—уровень паводка до строительства плотины

по формуле (7.48) вычисляют допустимую продолжительность t (суток) стояния уровней воды более высоких, чем РСУ. Величину k принимают по табл. 7.5;

по водомерным графикам $H=f(t)$ паводков за все годы наблюдений определяют уровни воды, превышаемые более высокими в течение t суток;

полученный ряд уровней H_t ранжируют в порядке убывания и для каждого из них определяют эмпирическую вероятность по формуле (7.2);

по эмпирическим точкам на клетчатке строят плавную кривую $H_T=(P_m)$ и в зависимости от расчетной вероятности превышения $P_d\%$, принимаемой по табл. 7.5, определяют РСУ.

Если полученная отметка РСУ окажется ниже нормального подпорного уровня НПУ, то за отметку РСУ принимают отметку НПУ с учетом кривой подпора, увеличенную на 0,5 м.

Если же этот уровень имеет отметку выше НПУ с учетом кривой подпора, то за отметку РСУ принимают отметку этого уровня, увеличенную на 0,5 м.

е) При пропуске паводка через плотину при отметках НПУ за отметку РСУ принимают отметку уровня воды $P_d\%$ -ной обеспеченности, принимаемой по табл. 7.5. При этом отметка РСУ должна быть не менее чем на 0,5 м выше НПУ водохранилища.

3. При расчете отметки РСУ для мостовых переходов в нижних бьефах плотин следует учитывать регулирующее влияние водохранилищ на уровни воды.

4. При отсутствии водомерных графиков для нешлюзовых рек рекомендуется следующий метод их получения:

принимают условный ряд с 30-ю расходами воды и вероятностями первых трех расходов воды в ранжированном ряду, равными p , $2p$, $4p$, где p —вероятность расчетного расхода. Ранжированные вероятности первых трех уровней воды будут равны 3,2%; 6,5%; 9,7%;

величины первых трех расходов Q_{pi} определяют с учетом параметров аналитических кривых распределения (см. формулу 7.17);

по величинам расходов Q_{pi} на пике паводков строят гидрографы (см. п. 7.5);

по построенным гидрографам и с помощью кривой $Q=f(H)$ строят водомерные графики $H=f(t)$;

полученные значения уровней воды и соответствующие им вероятности 3,2%; 6,5%; 9,7% наносят на клетчатку, с которой и снимается РСУ требуемой вероятности.

5. В качестве расчетных меженных уровней принимают наименьшую межень обеспеченностью на 99% ($H_{м99\%}$) и среднюю межень ($H_{м50\%}$).

Наинизший уровень указанной обеспеченности для створа перехода при наличии наблюдений рассчитывают путем обработки ряда наинизших в году уровней открытой воды; эмпирическую обеспеченность каждого члена ряда определяют по формуле (7.2).

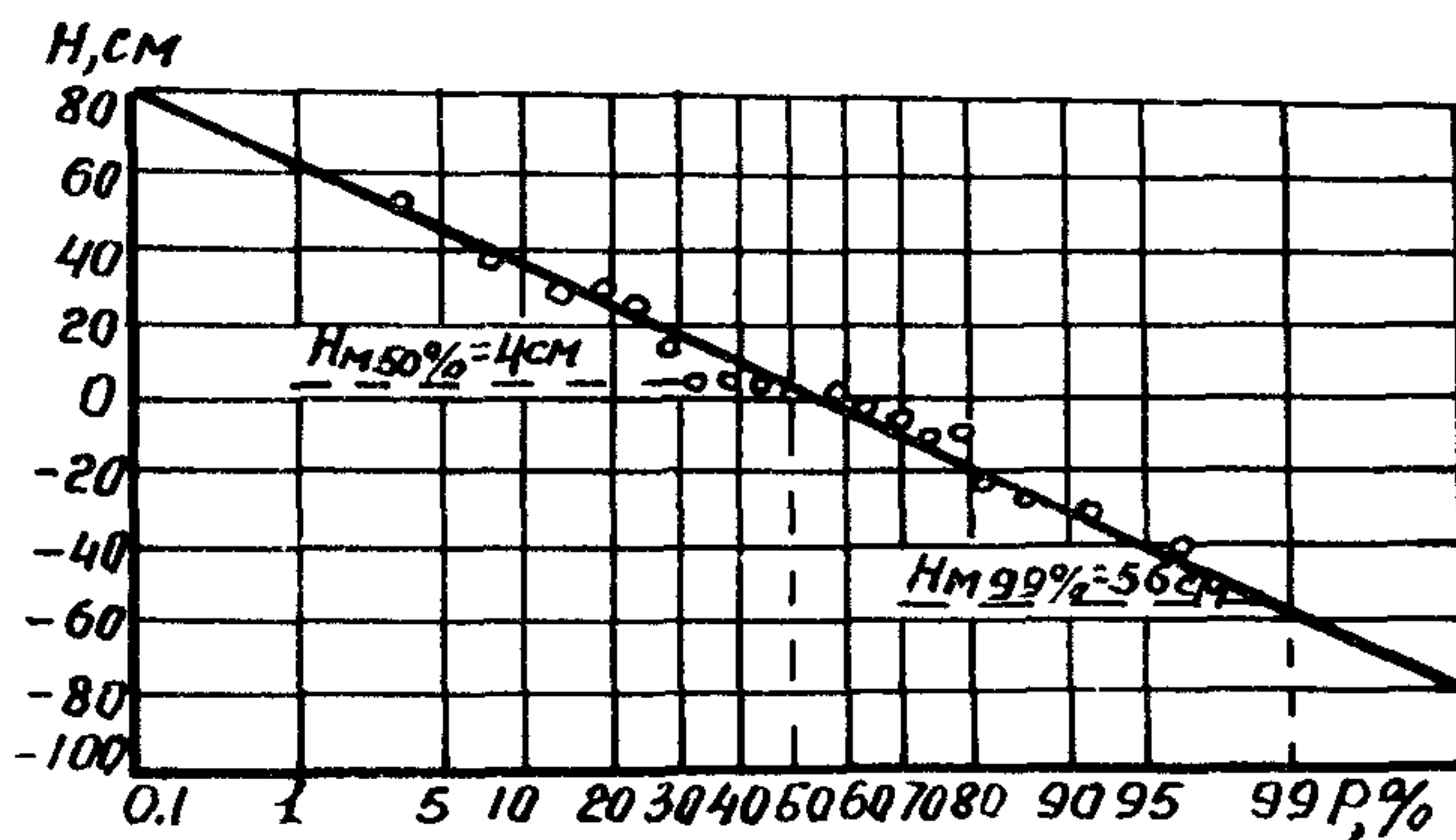


Рис. 7.11. Пример определения уровней средней $H_{M50\%}$ и наимизшей $H_{M99\%}$ межени, над «О» графика водпоста

На клетчатке вероятностей по значениям уровней H_M и соответствующим им P строят зависимость $H_M = (P)$, с которой снимают значения $H_{M99\%}$ и $H_{M50\%}$.

Уровень средней межени можно принимать также как среднеарифметическое значение средних за меженные периоды уровней по ряду лет.

Если створы водомерного поста и перехода не совпадают, меженные уровни переносят с постов по кривой связи или уклону водной поверхности на створ перехода. Пример определения $H_{M99\%}$ приведен на рис. 7.11.

Если на данной реке нет наблюдений или непосредственный перенос имеющихся наблюдений невозможен, то величины $H_{M99\%}$ и $H_{M50\%}$ в створе перехода определяют по соответствующим меженным расходам. Эти расходы вычисляют по СНиП 2.01.14—83 [71].

7.9. Продолжительность стояния уровней. Расчет рабочего уровня

1. Продолжительность стояния уровней (среднее многолетнее число дней в году, когда наблюдается уровень не выше данного) определяют по материалам Гидрометеослужбы; при необходимости уровни переносят с водпоста на створ перехода.

Для оценки продолжительностью стояния уровней строят график $H_y = f(t)$, где H_y — отметка уровня; t — продолжительность стояния в сутках. Расчет ведут в табличной форме, выписывая для каждого года число дней, в которых уровень был не выше данной отметки. В таблице приводят сумму дней за весь период и средние многолетние значения чисел дней с уровнями, достигающими данной отметки или меньшими.

Результаты расчета представляют графиком (рис. 7.12). По такому графику определяют среднемноголетнюю продолжительность стояния любого уровня для установления сроков фундаиро-

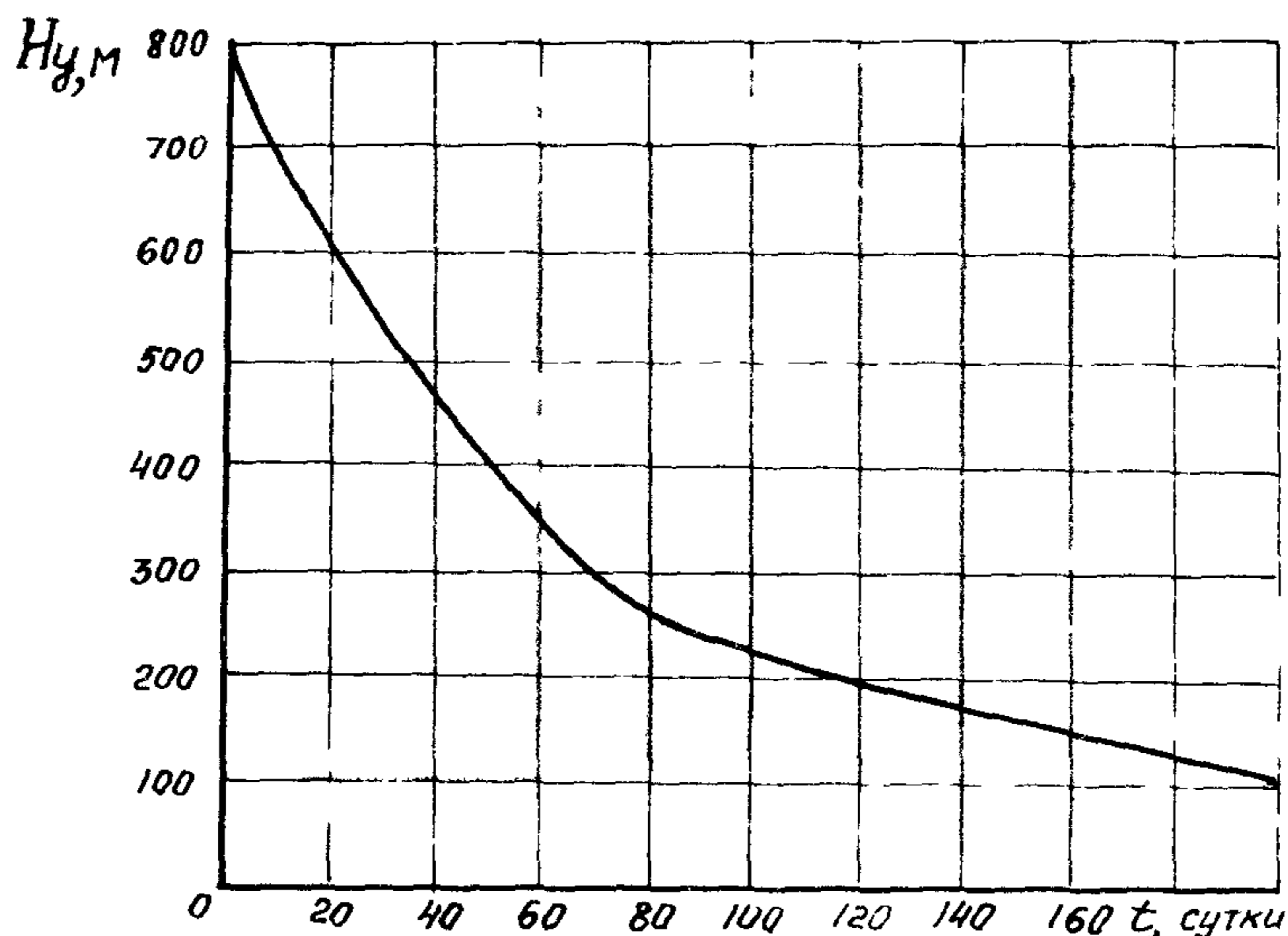


Рис. 7.12 График продолжительности стояния уровня $H_y = f(t)$

вания и возведения опор, перекрытия проток, выполнения укрепительных работ, эксплуатации временных сооружений и плавучих средств, устройства срезки подмостового русла и др.

Для предварительных расчетов можно строить график продолжительности стояния уровней по уравнению аппроксимирующей кривой

$$\left(\frac{t^2}{T^2} + \frac{H_y^2}{H^2} \right) - 2 \left(\frac{t}{T} + \frac{H_y}{H} \right) + 1 = 0, \quad (7.49)$$

где T —наибольшая продолжительность стояния, суток; H —наивысший уровень над нулем графика, м; t —продолжительность стояния любого уровня H_y в интервале между предельными значениями, сут

2. В проектах организации строительных работ принимают за расчетный уровень высокой воды с вероятностью превышения 10%, а при соответствующем технико-экономическом обосновании—вероятностью превышения до 50%. Метод определения вероятности превышения рабочего уровня, основанный на минимизации приведенной стоимости вспомогательного сооружения, изложен в [92].

Рабочий уровень принятой вероятности превышения определяют для каждого месяца в году с построением ступенчатого графика (рис. 7.13). Схема расчета следующая (в качестве примера рассматривается рабочий уровень вероятностью 10%):

выбирают наибольшие по годам за каждый месяц уровни воды;

для каждого месяца составляют статистический ряд уровней высокой воды, определяют эмпирическую вероятность превышения каждого члена ряда и, экстраполируя эмпирическую кривую распределения, определяют уровни с вероятностью превышения 10%;

по полученным для каждого месяца уровням строят график (см. рис. 7.13), позволяющий строительной организации установить рабочий уровень, а также период, в который возможно производство тех или иных работ при этом уровне.

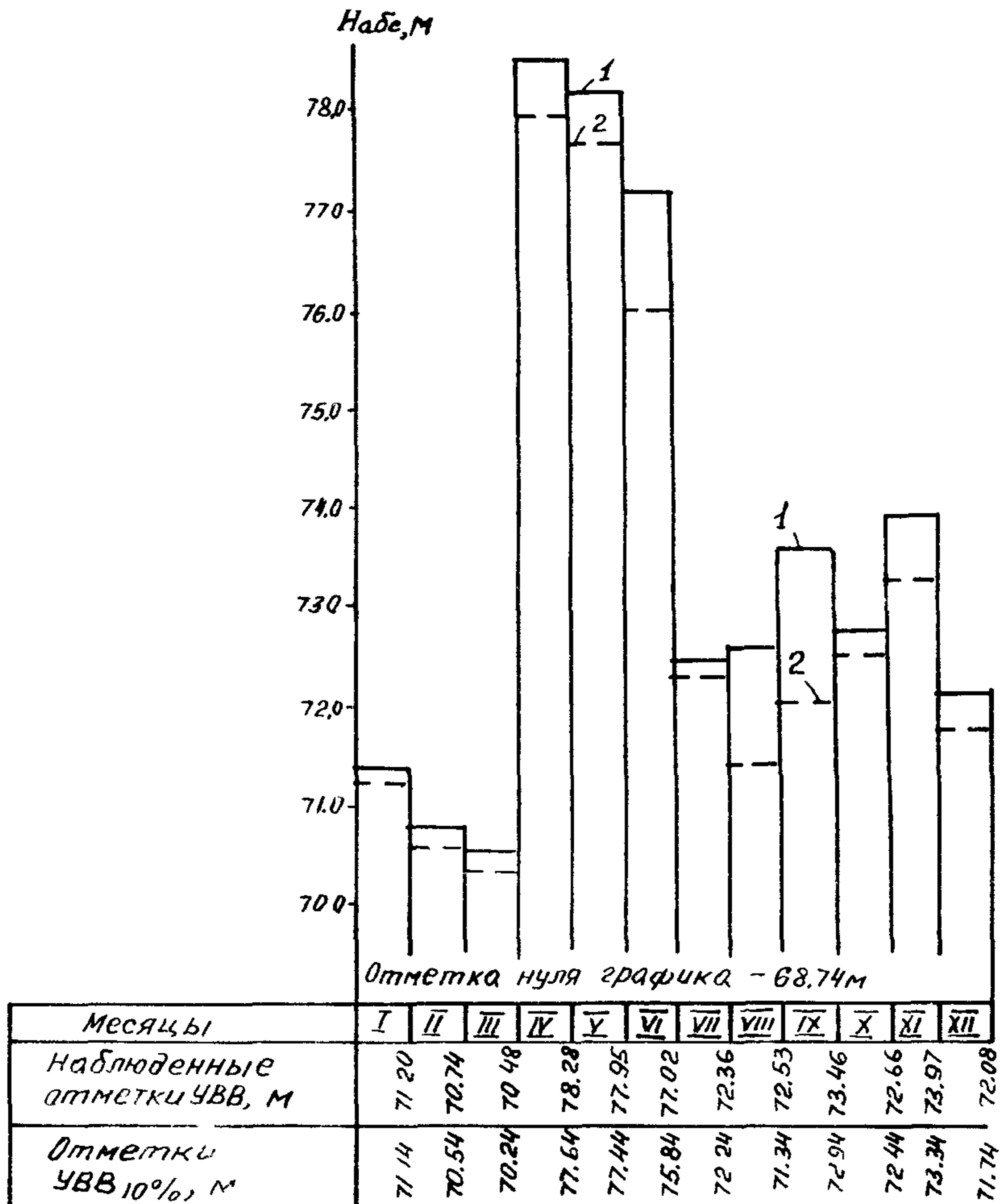


Рис 7.13 График для определения рабочего уровня
1—УВВ_{1%}; 2—УВВ вероятностью превышения 10%

3. Если данные о наибольших уровнях воды по переходу отсутствуют, то их переносят по кривой связи или уклону с расположенных вблизи водомерных постов. Если таких постов нет, то за рабочий уровень воды принимают уровень высокой воды с заданной вероятностью превышения (10—50%), определенный обработкой ряда наибольших в году уровней.

4. Для предварительных расчетов график месячных рабочих уровней можно построить по расходу воды заданной вероятности превышения для каждого месяца, определяемому по формуле:

$$Q_m = Q_i k_{п}, \quad (7.50)$$

где Q_i — максимальный годовой расход воды заданной вероятности превышения (от 10% до 50%); $k_{п}$ — переходный коэффициент от годового максимума с i % к месячному расходу i % берут из табл. 7.6 в зависимости от типа реки по внутригодовому стоку (рис. 7.14).

Таблица 76

Месяцы года	Переходный коэффициент $k_{п}$ для рек с типами внутригодового распределения стока				
	I	II	III	IV	V
I	0,2	0,1	0,15	0,2	0,25
II	1,0	0,15	0,15	0,2	0,5
III	1,0	0,7	0,15	0,4	0,8
IV	1,0	1,0	0,40	0,6	1,0
V	1,0	0,5	1,0	0,8	1,0
VI	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0
VII	0,3	0,15	1,0	1,0	0,8
VIII	0,3	0,1	1,0	1,0	0,8
IX	0,2	0,1	0,6	1,0	1,0
X	0,2	0,1	0,4	0,3	1,0
XI	0,2	0,1	0,2	0,3	1,0
XII	0,2	0,1	0,1	0,2	1,0

Рабочие уровни для каждого месяца, для построения соответствующего графика (рис. 7.15), снимают с морфометрической кривой $Q=f(H)$.

7.10. Максимальные расходы и объемы выносов селевых потоков

1. Максимальные расходы и объемы выносов селевых потоков дождевого происхождения определяют по ВСН 03—76 [22].

При наличии надежных данных о максимальном расходе селеформирующего водного паводка, получаемом на основе натуральных материалов, по СНиП 2.01.14—83 [71] или по обоснованным ре-

гиональным формулам, максимальные расходы селевых потоков вероятностью превышения p определяют по формуле:

$$Q_c = Q_{1\%} \psi_Q \lambda_p, \quad (7.51)$$

где $Q_{1\%}$ — расход водного селеформирующего стока вероятностью превышения 1%, ψ_Q — коэффициент селенасыщенности, зависящий от коэффициента k_s относительного насыщения потока твердым материалом

$$\psi_Q = \frac{1}{1 - k_s}; \quad (7.52)$$

λ_p — коэффициент перехода от селевого расхода вероятностью превышения $p=1\%$ к другой вероятности превышения, определяемый по табл 77 для I и II гидрологических районов

I район включает Восточное Закавказье (без Ленкорани), Среднюю Азию, Южный Казахстан; II район: Черноморское побережье Кавказа, предгорные и горные районы Кавказа, Ленкорань, Карпаты, Закарпатье, Молдавию, Южный берег Крыма, Приморье ДВК, Юго-Западное побережье оз Байкал.

Таблица 77

Гидрологический район	Площадь водосбора, км ²	Переходные коэффициенты λ_p для вероятностей превышения в %					
		0,33	1	2	3	5	10
I	1	1,65	1,0	0,70	0,58	0,43	0,27
	100	1,55	1,0	0,76	0,63	0,50	0,33
	1000	1,47	1,0	0,78	0,66	0,52	0,37
II	1	1,55	1,0	0,78	0,63	0,49	0,33
	100	1,45	1,0	0,80	0,69	0,67	0,42
	1000	1,34	1,0	0,81	0,74	0,62	0,49

При отсутствии натуральных данных о концентрации твердых материалов в селевой массе и влажности селеформирующих грунтов, полученных в результате обследований непосредственно после прохождения выдающихся паводков, величину k_s в формуле (7.52) рассчитывают по модели предельного насыщения

$$k_{sp} = \lambda_{sp} k_{s1\%} \xi, \quad (7.53)$$

где λ_{sp} — переходный коэффициент от значений $k_{s1\%}$ при вероятности превышения селевого расхода 1%, к другим вероятностям, определяют по табл 78,

$$k_{s1\%} = \frac{18\mu^{x_1} i^{x_2}}{1 + 18\mu^{x_1} i^{x_2}}; \quad (7.54)$$

$$x_1 = \left(\frac{1}{16\mu + 1} \right)^{0,5}; \quad x_2 = \left(\frac{1}{31i + 1} \right)^{0,2},$$

$k_{s1\%}$	Переходные коэффициенты λ_{sp} для вероятностей превышения в %					
	0,33	1	2	3	5	10
0,015	1,10	1,00	0,92	0,89	0,83	0,74
0,15	1,08	1,00	0,93	0,90	0,84	0,76
0,50	1,05	1,00	0,95	0,92	0,88	0,81
0,70	1,04	1,00	0,96	0,93	0,90	0,85
0,85	1,03	1,00	0,97	0,94	0,92	0,88
0,95	1,00	1,00	0,98	0,96	0,94	0,90

i —средний уклон главного тальвега в долях единицы; μ —коэффициент селеактивности бассейна, определяемый по формуле

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n F_i z_i}{F}; \quad (7.55)$$

F_i —площади отдельных участков бассейна, характеризующиеся удельными коэффициентами селеактивности z_i , определяемыми по табл. 1 и 2 прил. 7.6; F —полная площадь бассейна; ξ —коэффициент относительной устойчивости расчетного участка русла, определяемый по формуле

$$\xi = \left(\frac{1,5}{L+1} \right)^{x_3}; \quad (7.56)$$

L —число Лохтина, $L = \bar{d}/I_y$, d —средневзвешенный диаметр твердых материалов (мм); I_y —местный продольный уклон русла в расчетном створе в %;

$$x_3 = \frac{10}{(I_y + 100)^{2/3}}.$$

Значения $k_{s1\%}$ и ξ , вычисленные по формулам (7.54) и (7.56), можно принимать непосредственно по таблицам 3 и 4 прил. 7.6.

2. При производстве расчетов на предварительной стадии проектирования до проведения полевых обследований селевых бассейнов допускается определять коэффициент селеактивности μ по формуле

$$\mu = k_\mu I^{x_4}, \quad (7.57)$$

где I —средний уклон лога в %

Значения k_μ и x_4 принимают по табл. 7.9.

Категорию селеопасности принимают по картам селеопасных территорий, имеющимся в территориальных управлениях гидрометслужбы. Степень эрозионной пораженности оценивают по крупномасштабным топографическим картам и материалам дешифрирования аэрофотоснимков с использованием удельных коэффициентов селеактивности по табл. 2 прил. 7.6.

Таблица 7.9

Степень пораженности эрозией	Категория селе-опасности	Значения параметров k_{μ}/x_i при высоте расположения очагов в м					
		более 3000	2800	2600	2400	2200	2000 и менее
Высокая (наличие крупных очагов 1-й категории)	I	$\frac{0,080}{0,30}$	$\frac{0,075}{0,31}$	$\frac{0,070}{0,32}$	$\frac{0,065}{0,33}$	$\frac{0,060}{0,34}$	$\frac{0,055}{0,35}$
Средняя (наличие крупных очагов 2-й категории)	II	$\frac{0,055}{0,35}$	$\frac{0,050}{0,36}$	$\frac{0,045}{0,37}$	$\frac{0,040}{0,38}$	$\frac{0,035}{0,39}$	$\frac{0,030}{0,40}$
Низкая (наличие значительного количества очагов 3-й категории)	III	$\frac{0,040}{0,40}$	$\frac{0,040}{0,40}$	$\frac{0,035}{0,35}$	$\frac{0,035}{0,35}$	$\frac{0,020}{0,30}$	$\frac{0,020}{0,30}$

3. Объем селевого паводка (твердый и жидкий компоненты) определяют по формуле:

$$W_c = W_B \psi_W, \quad (7.58)$$

где W_B —объем жидкого (водного) стока заданной вероятности превышения, вычисленный по СНиП 2 01.14—83 [71] или по обоснованным региональным формулам; ψ_W —коэффициент селенасыщенности, осредненный за расчетную волну селевого стока

$$\psi_W = \frac{1}{1 - k_s^{1,25}} \quad (7.59)$$

Объем выноса твердых материалов за расчетную волну селевого паводка определяют по формуле

$$W_T = (W_c - W_B) (1 + \epsilon_{отл}), \quad (7.60)$$

где $\epsilon_{отл}$ —средний коэффициент пористости отложений, который определяют по натурным данным или ориентировочно по табл. 7.10

Таблица 7.10

№ пп	Характеристика грунтов	Коэффициент пористости $\epsilon_{отл}$ при вероятности превышения паводка в %				
		0,33	1	2	5	10
1	Крупно-фракционные грунты с содержанием глинистых фракций менее 5%	0,60	0,59	0,58	0,56	0,55
2	Глины и моренные суглинки	0,54	0,52	0,50	0,48	0,46
3	Глины и делювиальные суглинки	1,02	0,96	0,92	0,85	0,80
4	Лессовидные отложения	1,18	1,10	1,05	0,97	0,92

4. Если створ мостового перехода находится в транзитной зоне отложений селевого водотока, то рекомендуется определение максимального селевого расхода производить также для других характерных створов, например, непосредственно у наиболее ак-

тивных селевых очагов или в зоне наибольшей концентрации дождевого стока. При этом максимальные расходы жидкой компоненты будут меньше, чем в расчетном створе, а коэффициент селеактивности—больше. В качестве расчетных следует принимать наибольшие значения селевого расхода и наименее благоприятные условия прохождения селевого потока в створе мостового перехода (см п 4.4).

5. Определение максимального расхода при прорыве селевого затора производят ориентировочно как для некапитальных земляных плотин (см п 8.3).

7.11. Расчеты ледового режима рек

1. Ледовый режим реки характеризуется интенсивностью нарастания толщины ледяного покрова, условиями вскрытия, образованием зажоров и заторов льда, а также определяет пропускную способность русла в зимний период.

При проектировании мостовых переходов учитывают воздействие ледяного покрова на сооружения в период от начала ледостава до ледохода.

2. Наибольшую за зиму толщину льда 1% вероятности превышения определяют по результатам наблюдений на ближайшем к переходу водпосту (см п 12.2). Если ближайшие к мостовому переходу водомерные посты расположены выше и ниже по течению реки, то при примерно равном периоде наблюдений используют данные вышележащих постов. При отсутствии или недостаточности данных гидрологических наблюдений толщина льда 1% вероятности превышения может быть определена по формуле [5]

$$h_{л 1\%} = \bar{h}_л + \Phi_{1\%} \sigma_л, \quad (7.61)$$

где $\bar{h}_л$ —средняя многолетняя максимальная толщина льда, определяемая по формуле (в см)

$$\bar{h}_л = \frac{a \sqrt{\sum |t|}}{(0.8 h_c + 1)^{1/6}}, \quad (7.62)$$

$\sum |t|$ —наибольшая за все годы наблюдений сумма отрицательных среднесуточных температур (в градусах Цельсия) за период от ледостава до начала снеготаяния по данным ближайшей метеостанции; a —коэффициент, принимаемый для рек в Европейской части СССР до широты 65° равным $a=1.7$ для более суровых климатических условий $a=2.4$, h_c —средняя за зимний период высота (в м) снежного покрова, определяемая по показаниям метеостанции, $\Phi_{1\%}$ —отклонение ординаты кривой вероятностей превышения Пирсона III типа от середины при заданном коэффициенте асимметрии C_s , принимаемое по таблице Фостера Рыбкина (см прил 7.4), $\sigma_л$ —среднее квадратическое отклонение максимальной толщины льда, которое в первом приближении может быть принято равным $0.15 \bar{h}_л$.

При определении $\Phi_{1\%}$ рекомендуется принимать коэффициент асимметрии $C_s=0$ для районов южнее широты 65° в Европейской и 55° в Азиатской частях СССР и $C_s=1$ —севернее указанных широт для $C_s=0$.

Для сильно заболоченных рек толщину льда $h_{л 1\%}$, полученную по формуле (7.61), можно уменьшать на 10—15 см из-за воздействия на формирование ледяного покрова повышенного при-

тока относительно теплых грунтовых вод за весь осенне-зимний период.

3. К началу вскрытия рек наблюдается уменьшение толщины и прочности льда, которое происходит главным образом в результате поверхностного и внутреннего таяния под влиянием тепла и солнечной радиации. Толщину льда в начале ледохода $h_{лх}$ согласно нормам следует принимать равной $0,8h_{л1\%}$. Для ориентировочной оценки можно пользоваться формулой В. В. Невского (в см)

$$h_{лх} = v_{лх}, \quad (7.63)$$

где $v_{лх}$ —средняя скорость течения в начале ледохода, определяемая по кривым $Q=f(H)$ и $v=f(H)$, см/с

В регионах, где преобладает сток весеннего половодья, в качестве уровня начала весеннего ледохода можно принимать уровень низкой межени (УНМ).

Плотность льда во время ледохода принимают равной $0,9 \text{ т/м}^3$.

Данные о размерах льдин во время ледохода устанавливают опросом местных жителей или по результатам натуральных наблюдений. Ориентировочно размер льдин можно принимать $L=1/10 B$, где B —ширина реки (длина и ширина льдин примерно одинаковы).

4. По условиям весеннего ледохода реки Советского Союза делят на три группы:

а) среднее и нижнее течение крупных рек Сибири и Европейского Севера. Толщина ледяного покрова при вскрытии обычно достигает $0,8—1,7$ м, а иногда $1,8—2,8$ м. Наивысшие уровни в году чаще всего совпадают с ледоходом;

б) верхнее течение средних и больших рек Сибири, некоторые реки Дальнего Востока, верхнее и среднее течение рек Европейской части СССР. Толщина льда при вскрытии обычно достигает $0,4—0,8$ м, а иногда $1,0—1,5$ м;

в) реки юга Европейской части СССР и Средней Азии характерны небольшой толщиной (до $0,4$ м) и малой прочностью льда при вскрытии, небольшими подъемами уровней воды. К вскрытию лед теряет прочность и толщину на $30—50\%$.

Ледоход на реках, указанных в пп. «а» и «б», часто сопровождается заторами льда, а на реках п. «в» в период ледостава наблюдаются зажоры шуги. Плотность шуги, движущейся в поверхностном слое потока, составляет $0,3—0,7 \text{ т/м}^3$.

5. Заторы льда (многослойное скопление льдин в русле) формируются в местах, где задерживается вскрытие из-за повышенной толщины и прочности ледяного покрова [29, 39, 40].

Заторы образуются на всех реках с ледоходом, но особо присущи рекам Севера, Сибири и Якутии, многим рекам на трассе БАМ. Заторы, как правило, образуются при невысоких уровнях на перекатах, крутых поворотах русел, в местах их многорукавности, в устьях притоков.

Особо надо выделить заторы антропогенного происхождения. Они образуются при малых скоростях ледохода ($v \leq 1,0$ м/сек) перед мостами, пролеты в свету которых не обеспечивают свободного беззаторного пропуска льда. Перечисленные выше природные условия усугубляют опасность заторов перед мостами.

Невысокие бытовые уровни, при которых образуются заторы, предопределяют их частую повторяемость.

Заторы забивают живое сечение русел на 60—80%, вызывая резкое стеснение потока, увеличение бытовых скоростей и сосредоточенные размывы. Тело затора образует несплошную ледовую плотину с резким подъемом уровней и высокой концентрацией потенциальной энергии, которая приводит к разрушению затора с образованием больших скоростей прорывного потока.

Гидрометеослужба ведет замеры заторных уровней только на створах водпостов. Это затрудняет и осложняет прогнозирование и учет заторных явлений при проектировании железных и автомобильных дорог.

Характеристики заторов и их учет при проектировании приведен в табл. 7.11.

Таблица 7.11

№ пп	Характеристика затора	Учет при проектировании	Нормативные документы или другие источники для определения заторов
1	Уровень подпертой затором воды заданной вероятности превышения	Обоснование высотного положения мостов, регуляционных сооружений и бровок земляного полотна дорог Определение расчетных скоростей на пике затора и при его разрушении Определение места приложения нагрузки заторной массы к инженерным сооружениям	[29] — (только для створов водпостов ГМС при наличии опорных рядов свободных и заторных уровней, [34] [34] — при отсутствии прямых гидрометрических наблюдений [80, 62]
2	Мощность (высота пакета заторного льда)	Определение величины давления на инженерные сооружения и места его приложения Определение стеснения потока телом затора	По данным натурных наблюдений, при их отсутствии возможно по аналогии с п. 59 стр. 28 СНиП 2.06.04—82* принимать (в качестве верхнего предела) равной 0,8 средней глубины потока при расходе воды заторного периода
3	Удельное давление заторной массы льда	Определение величин силового воздействия на инженерные сооружения (опоры мостов и др.)	Нормативные документы отсутствуют Формула лаборатории льдотермики ВНИИВОД-ГЕО $P_{зат} = 0,5 \psi Rtb$, тс

№ пп	Характеристика затора	Учет при проектировании	Нормативные документы или другие источники для определения заторов
4	Ширина тела затора по фронту	Стеснение потока, расчет русловых деформаций	Условные обозначения см в приложении 10 СНиП 2 05 03—84 [75] Нормативных документов нет

Проектирование мероприятий для обеспечения надежной эксплуатации транспортных сооружений в условиях заторообразования не имеет нормативной базы и методологии инженерных расчетов.

При неблагоприятном в части заторообразования прогнозе надежным представляется только достаточно глубокие обходы опасных мест при трассировании.

При выборе створа мостовых переходов, который чаще всего подчиняется положению трассы, не следует пересекать реки в местах, опасных по заторообразованию, а при назначении схем моста минимальные пролеты (русловые) назначать по условиям беззаторного пропуска льда.

В случаях, когда расчетные беззаторные уровни превышаются расчетными заторными, последние определяют высотное положение элементов моста и бровок земляных сооружений перехода.

При отсутствии гидрометрических наблюдений определение наивысших заторных уровней может быть произведено по формуле [11]

$$H_z = (22i^{0,3} - 1) H_d, \quad (7.64)$$

где H_d , i —глубина и уклон (в долях единицы) потока в русле при ледоходе.

Глубину потока в русле при ледоходе определяют по морфометрической кривой $Q=f(H)$ для расхода воды, соответствующего максимальному уровню ледохода (см. ниже п. 7).

Заторные уровни можно также определять по [34].

Если давление заторных масс льда превышает такое от обычной ледовой нагрузки, проверка опор мостов должна производиться по заторному воздействию согласно [80].

Ликвидация заторов в начале их образования средствами авиации требует создания постоянной службы слежения, высокой оперативности, имеет ограничения по условиям безопасности людей и объектов народного хозяйства. Предотвращение заторов эффективно на больших реках путем организации ледокольной службы.

6. Зажоры (скопление шуги в русле реки) образуются на шугоносных реках в период формирования ледяного покрова на участках с повышенными уклонами, а также в местах стеснения

русла островами, отмелями, валунами. Под влиянием зажоров водопропускная способность русел уменьшается, и на участке ниже зазора происходит временный спад уровней воды.

Выше зазора наблюдается подъем уровней. Критическое значение уклона, характеризующего место образования зазора льда, $i > 0,05\%$.

Для оценки прогноза подъема уровня H_3 воды (от уровня ледохода) на зазорных участках рек можно пользоваться формулой (7.64).

7. Для неизученных рек при отсутствии данных многолетних наблюдений уровни первой подвижки льда и высокого ледохода можно определять по приближенным формулам [34]:

$$Q_{рпл} = k_1 Q_{1\%}; \quad (7.65)$$

$$Q_{рвл} = k_2 Q_{1\%}; \quad (7.66)$$

где $Q_{рпл}$ —расход, соответствующий минимальному уровню первой подвижки льда; $Q_{рвл}$ —расход, соответствующий максимальному уровню весеннего ледохода; $Q_{1\%}$ —максимальный расход весеннего половодья 1% обеспеченности; k_1 и k_2 —коэффициенты, принимаемые по таблице 7.12.

Уровни снимают с морфометрической кривой $Q=f(H)$.

8. Ледовый режим рек в бытовом состоянии определяют по данным наблюдений на постах Гидрометеослужбы и других ведомств и организаций, а также путем опроса старожилов.

В результате сбора материалов устанавливают:

даты наибольшего раннего, позднего и высокого весеннего и осеннего ледохода;

Таблица 7.11

Ледовые явления	Значения k_1 и k_2			
	Вероятность превышения в %			
	0,33	1	2	10
Первая подвижка льда	0,29	0,24	0,22	0,16
Высокий ледоход	0,70	0,59	0,55	0,41

максимальный и минимальный уровни первой подвижки льда и максимальные уровни весеннего и осеннего ледохода;

толщину льда и ее изменения в течение ледостава;

размеры льдин и ледовых полей;

густоту и скорость движения льдин по ширине и длине исследуемого участка реки;

нагрузки от льда на опоры мостов;

места образования заторов и зажоров льда, причины их возникновения, уровни и отметки наибольших заторов и зажоров;

места выхода льда на пойму, навалов льда на берегах и образования постоянных полыней;

случаи разрушения берегов и сооружений ледоходом и при прорыве заторов.

8.1. Построение кривой свободной поверхности водотока в условиях подпора

1. Кривые свободной поверхности водотока в условиях подпора рассчитывают при:

а) расположении перехода на притоке более крупной реки или в зоне водохранилища;

б) значительной длине участка стеснения речной долины насыпью дороги;

в) прогнозировании затопления ценных земель, промышленных объектов, населенных пунктов и т. п.;

г) проектировании мостового перехода в зоне подпора существующего моста, расположенного ниже по течению.

2. В случаях прогнозирования затопления ценных земель, промышленных объектов, населенных пунктов и других случаях, где требуется повышенная точность выполнения расчетов, построение кривой свободной поверхности должно производиться с использованием уравнения неравномерного движения, в том числе в двумерной постановке (см. п. 6.3).

В других случаях, а также для выполнения предварительных расчетов можно использовать приближенные методы, основанные на замене естественного русла призматическим (т. е. с постоянным поперечным профилем по длине).

3. При использовании приближенных способов принципиальным является вопрос о выборе типа схематизированного русла. Естественные русла с широкими поймами, когда глубина на пойме много меньше ширины разлива, а ширина коренного русла занимает малую часть ширины разлива, заменяют широким прямоугольным руслом (рис. 8.1, а). Русла с небольшими поймами при больших глубинах на них и широким глубоким коренным руслом заменяют широким параболическим руслом (рис. 8.1, б).

4. Подпор над бытовым уровнем $УВВ, \%$ в створе А на расстоянии l_a от источника подпора или створа с известным подпо-

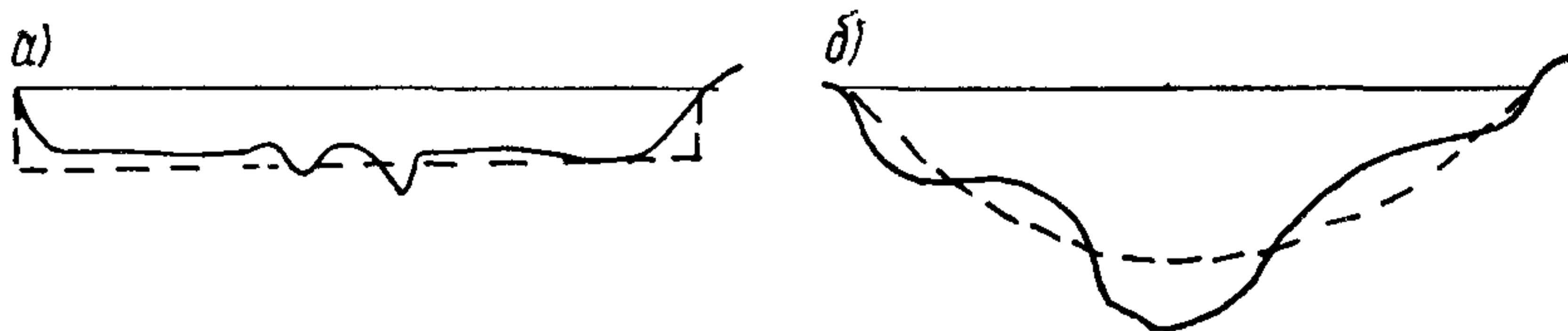


Рис 8.1. Схематизация естественного русла при построении кривой свободной поверхности приближенным методом:

а—широким прямоугольным руслом, б—широким параболическим руслом

ром (рис. 8.2) при использовании метода с заменой естественного русла широким прямоугольным определяют из уравнения

$$\frac{i \cdot l_a}{h_0} = f_1\left(\frac{z_1}{h_0}\right) - f_1\left(\frac{z_a}{h_0}\right), \quad (8.1)$$

где z_1 —подпор над бытовым уровнем $УВВ_{p\%}$ в створе источника подпора или в створе с известным подпором; z_a —искомый подпор над $УВВ_{p\%}$; l_a —расстояние между створами; i —средний уклон свободной поверхности при $УВВ_{p\%}$ на участке; h_0 —нормальная (фиктивная) глубина приведенного русла, определяемая по формуле

$$h_0 = \sqrt[3]{\frac{Q_{p\%}^2}{B_0^2 C^2 i}}, \quad (8.2)$$

$Q_{p\%}$ —расчетный расход водотока при $УВВ_{p\%}$; B_0 —средняя ширина разлива на участке; C —коэффициент Шези естественного русла на участке, $m^{0.5}/c$, определяемый для средней глубины потока на ширине разлива $H_0 = \frac{\omega_p + \sum \omega_{пi}}{B_0}$ и эквивалентной шероховатости речной долины:

$$n_0 = n \frac{\sum \omega_{пi} + \omega_p}{\sum \varphi_i \omega_{пi} + \omega_p} \left(\frac{\sum \omega_{пi} + \omega_p}{H_p B_0} \right)^{2/3}; \quad (8.3)$$

$$\varphi_i = \frac{n_p}{n_{пi}} \left(\frac{H_{пi}}{H_p} \right)^{2/3};$$

ω_p и $\omega_{пi}$, H_p и $H_{пi}$ —соответственно площади живого сечения и глубина потока главного русла и характерных участков поймы при $УВВ_{p\%}$; n_p и $n_{пi}$ —соответственно коэффициенты шероховатости главного русла и характерных участков поймы.

Значения функции $f_1\left(\frac{z}{h_0}\right)$ приведены в прил. 8.1.

5. При использовании метода с заменой естественного русла широким параболическим величину подпора z_a определяют из уравнения:

$$\frac{i \cdot l_a}{h_0} = f_2\left(\frac{z_1 + h_0}{h_0}\right) - f_2\left(\frac{z_a + h_0}{h_0}\right), \quad (8.4)$$

в котором входящие величины такие же, как в формуле (8.1), а значение фиктивной нормальной глубины определяют подбором из уравнения:

$$\frac{h_0^2}{\sqrt{z + h_0}} = \frac{1,838 Q_{p\%}}{C B_0 \sqrt{i}}, \quad (8.5)$$

где z —среднее значение подпора на участке l_a .

Значения функций $f_2\left(\frac{z + h_0}{h_0}\right)$ приведены в прил. 8.1.

6. Порядок построения кривой свободной поверхности по уравнениям (8.1) и (8.4) идентичен и заключается в следующем:

а) построение ведется снизу вверх против течения от створа

источника подпора по участкам, длину l_a которых целесообразно назначать не больше чем значение одной из двух величин: $0,5 \frac{z_1}{i}$ или $0,5 B_0$;

б) для известных для двух створов i , l_a и \bar{z}_1 определяют средние значения ширины разлива B_0 , подпора \bar{z} , C и h_0 ;

в) в зависимости от используемого метода определяют величину $\frac{i l_a}{h_0}$ и значение функции $f_1\left(\frac{z_1}{h_0}\right)$ или $f_2\left(\frac{z_1+h_0}{h_0}\right)$ (по таблицам, приведенным в приложениях 8 1) для исходного створа; по уравнению (8.1) или (8.4) находят значения соответственно $f_1\left(\frac{z_a}{h_0}\right)$ или $f_2\left(\frac{z_a+h_0}{h_0}\right)$ в искомом створе, а затем с использованием таблиц приложений 8 1—искомое значение подпора z_a над бытовым уровнем;

г) принимая затем рассчитанный створ за начальный, выполняют расчет для следующего створа и т. д. для всего исследуемого участка водотока.

Если уклон в зоне подпора переменный, то при построении кривой подпора разбивку зоны подпора на расчетные участки l_a следует производить так, чтобы расчетные створы совпадали со створами изменения уклона.

7. Расстояние L_n , на которое подпор распространяется от его источника, может быть приближенно определено по формулам

а) при использовании фиктивного прямоугольного русла (см. п. 4)

$$L_n = \frac{\left[f_1\left(\frac{z_1}{h_0}\right) - 0,0067 \right] h_0}{i}, \quad (8.6)$$

где h_0 —определяют по формуле (8.2), а $f_1\left(\frac{z_1}{h_0}\right)$ —по прил 8 1,

б) при использовании фиктивного параболического русла (см. п. 5)

$$L_n = \frac{\left[f_2\left(\frac{z_1+h_0}{h_0}\right) - 0,074 \right] h_0}{i}, \quad (8.7)$$

где h_0 —определяется по формуле (8.5), в которой величину среднего подпора принимают равной $\bar{z} = 0,5z_1$, а $f_2\left(\frac{z_1+h_0}{h_0}\right)$ —по прил 8 1

8. Превышение отметки свободной поверхности в расчетном створе z'_a над отметкой свободной поверхности в исходном створе (см. рис. 8.2) находят из геометрических соображений по формуле:

$$z'_a = z_a + l_a i - z_1, \quad (8.8)$$

где величина подпора z_a определена расчетом по (8.1) или (8.4)

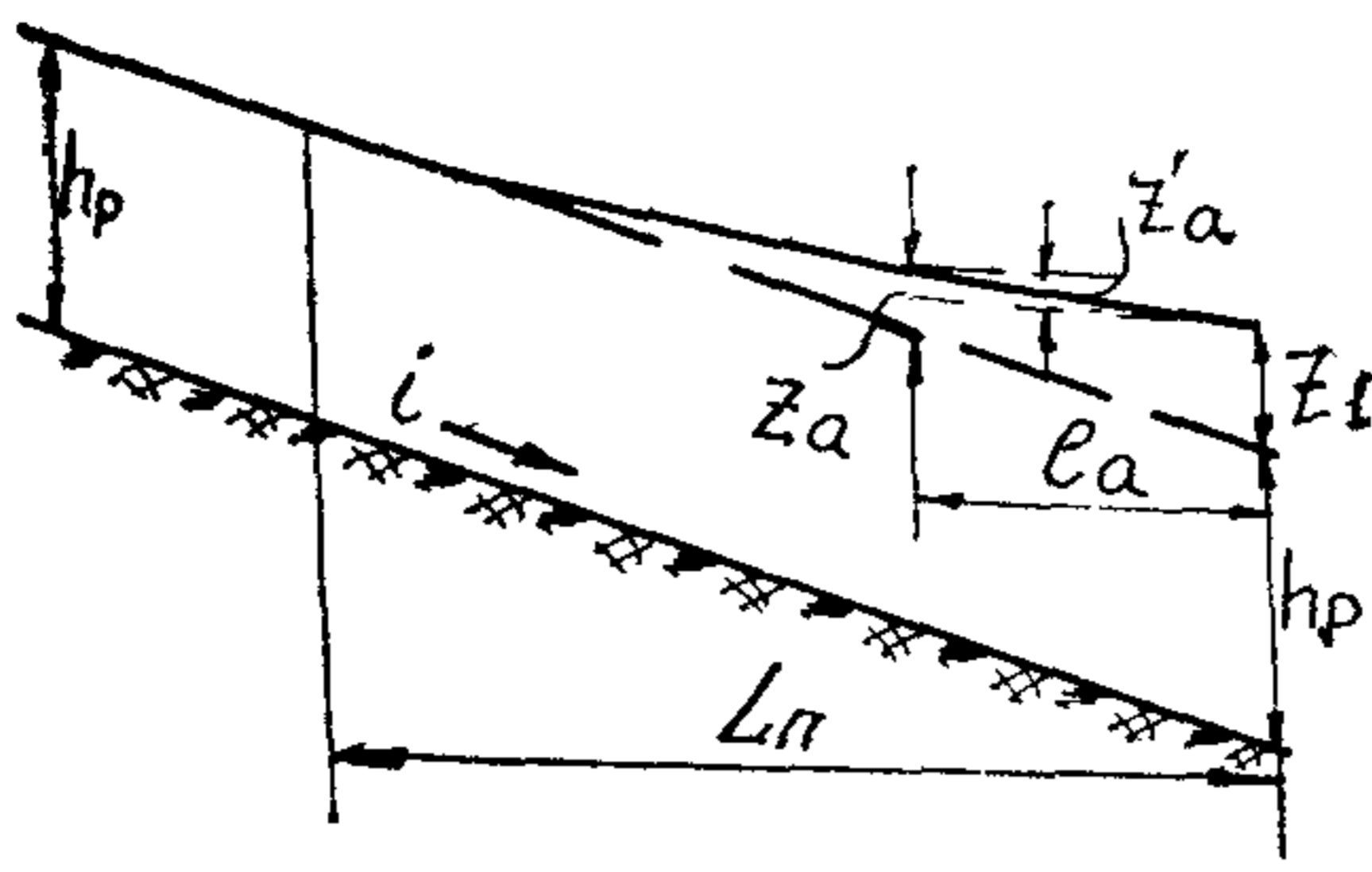


Рис 82. К построению кривой свободной поверхности приближенным методом

9. Для более точных расчетов (см. п. 2) применяют разные методы построения кривых свободной поверхности в естественных руслах, не требующие схематизации естественного русла (замене его призматическим).

Расчеты выполняют по участкам, на которые разбивают зону подпора, снизу вверх против течения. При нумерации створов сверху вниз конечная $(m+1)$ -ая отметка свободной поверхности H_{m+1} является известной, а начальная m -ая отметка H_m — искомой. Отметки свободной поверхности

должны быть взяты относительно общего базиса на всем участке зоны подпора. Кроме того, для построения кривых свободной поверхности точными методами должны быть данные, позволяющие построить живые сечения водотока во всех расчетных створах.

10. С использованием зависимости, полученной интегрированием основного дифференциального уравнения неравномерного движения, отметку свободной поверхности в m -ом створе при известной отметке в $(m+1)$ -ом створе определяют:

а) при скоростях течения более 1,5 м/с, а также если площади живых сечений в начале ω_1 и в конце зоны подпора ω_n различаются больше, чем на 25%, непосредственно по уравнению неравномерного движения

$$H_m - H_{m+1} = Q_{p\%}^2 \left[\frac{\alpha}{2g} \left(\frac{1}{\omega_{m+1}^2} - \frac{1}{\omega_m^2} \right) + \frac{l}{\bar{k}^2} \right]; \quad (8.9)$$

б) при скоростях течения менее 1÷1,5 м/с и в случаях, если площади живых сечений ω_1 и ω_n различаются не более, чем на 25%, по формуле (8.9) при $\omega_1 \approx \omega$

$$H_m - H_{m+1} = Q_{p\%}^2 \frac{l}{\bar{k}^2}. \quad (8.10)$$

В формулах (8.9) и (8.10) l — расстояние между створами m и $m+1$; \bar{k} — среднее значение расходной характеристики на участке между створами; ω_{m+1} и ω_m — соответственно площади живых сечений потока в створе $(m+1)$ при отметке свободной поверхности H_{m+1} и в створе m при H_m ; α — коэффициент Кориолиса; g — ускорение силы тяжести.

11. Величину \bar{k} между створами m и $m+1$ определяют по формуле

$$\bar{k} = \frac{1}{2} (k_m + k_{m+1}), \quad (8.11)$$

где k_m и k_{m+1} — соответственно расходные характеристики m и $m+1$, каждую из которых определяют по зависимости

$$k = \frac{1}{n_p} \omega_p^{5/3} b_p^{-2/3} + \sum \frac{1}{n_{ni}} \omega_{ni}^{5/3} b_{ni}^{-2/3} \quad (8.12)$$

b_p и b_{ni} —ширина главного русла и характерных участков пойм

12. Коэффициент Кориолиса при небольшом шаге расчета l может быть определен для одного из створов по формуле

$$\alpha = \frac{\left(\frac{1}{n_p} \omega_p^{5/3} b_p^{-2/3} \right)^3 / \omega_p^2 + \sum \left[\left(\frac{1}{n_{ni}} \omega_{ni}^{5/3} b_{ni}^{-2/3} \right)^3 / \omega_{ni}^2 \right]}{\left[\frac{1}{n_p} \omega_p^{5/3} b_p^{-2/3} + \sum \frac{1}{n_{ni}} \omega_{ni}^{5/3} b_{ni}^{-2/3} \right]^3 / (\omega_p + \sum \omega_{ni})^2} \quad (8.13)$$

в которой все величины те же, что в формуле (8.12).

13. Расчет для каждой пары створов по (8.9) или (8.10) выполняется в такой последовательности:

а) определяют значение той части уравнения, которая не зависит от искомой отметки H :

$$\text{из (8.9) } A_{m+1} = H_{m+1} + \frac{\alpha Q_p^2}{2g\omega_{m+1}^2}, \quad (8.14)$$

$$\text{из (8.10) } A_{m+1} = H_{m+1}; \quad (8.15)$$

б) задаваясь значением искомой отметки H_m в m -ом створе, определяют значение расходных характеристик в створах по (8.12), затем среднее значение по (8.11) и, наконец, значение той части уравнения, которая зависит от H_m

$$\text{из (8.9) } \varphi(H_m) = H_m - Q_p^2 \frac{l}{k} + \frac{\alpha Q_p^2}{2g\omega_m^2}, \quad (8.16)$$

$$\text{из (8.10) } \varphi(H_m) = H_m - Q_p^2 \frac{l}{\bar{k}}. \quad (8.17)$$

Искомым значением отметки H_m будет то, при котором обеспечивается равенство

$$\varphi(H_m) = A_{m+1}. \quad (8.18)$$

Нахождение решения может быть выполнено подбором, графо-аналитически или с применением ЭВМ. В качестве первого приближения принимают значение $H_m = H_{m+1}$

8.2. Расчеты при сгонно-нагонных и приливно-отливных явлениях

Сгонно-нагонные явления

1. В результате воздействия ветра в водохранилищах, лиманах, озерах, устьевых участках рек происходит перемещение водных масс в направлении движения ветров. Понижение уровня воды у подветренного берега вызывает сгон, а повышение у наветренного (противоположного)—нагон.

На больших акваториях нагонные явления как правило, затухают в 100—150 км от морского устья.

2. Расчетные величины нагонных уровней ($RUBB + \Delta h_{set}$) рекомендуется определять по данным многолетних наблюдений для

наиболее волноопасного и других направлений ветра, путем обработки рядов наблюдений согласно указаниям гл. 7.

При отсутствии данных наблюдений Δh_{set} допускается определять по формуле [80]

$$\Delta h_{\text{set}} = k_{\text{в}} \frac{v_{\text{в}}^2 L \cos \alpha_{\text{в}}}{g(H + 0,5 \Delta h_{\text{set}})}, \quad (8.19)$$

где $v_{\text{в}}$ —расчетная скорость ветра на высоте 10 м над расчетным (или наибольшим) уровнем воды РУВВ, принимаемая в соответствии с указаниями п. 12.3; L —протяженность охваченной ветром акватории по заданному направлению до расчетного створа подходов; H —глубина воды в расчетном створе; $\alpha_{\text{в}}$ —угол между продольной осью водоема и направлением ветра (в градусах); g —ускорение свободного падения; $k_{\text{в}}$ —коэффициент, принимаемый в зависимости от скорости ветра:

$v_{\text{в}}, \text{ м/с}$	20	30	40	50
$k_{\text{в}} \cdot 10^6$	2,1	3	3,9	4,8

При расчете сгонно-нагонных колебаний уровня воды особое внимание следует обращать на выбор наиболее неблагоприятного направления разгона волн L , оценку направления и продолжительность действия ветра и скорость ветра заданной вероятности превышения. Необходимо выяснить внутригодовые характеристики нагона и сгона воды для целей разработки проектов организации строительства.

3. При прекращении действия ветра происходит слив накопленной при нагоне воды аналогично волне попуска. При значительных нагонах и резком прекращении действия ветра волна попуска проходит с большими скоростями, деформируя русло. Расходы и уровни при этом в створе перехода могут оказаться больше чем бытовые расчетной вероятности превышения.

Расчет волны попуска при сливе нагонной воды производят методами, изложенными в [9].

4. Развитие сгона связано с понижением уровня на предустьевом взморье. Сгоны характерны только на мелководном взморье и водохранилищах, с которых ветер способен быстро согнать воду. При понижении уровня водохранилища или моря во время сгона на устьевом участке реки образуется кривая спада, скорости при одинаковом расходе возрастают и русло размывается.

Величина сгона зависит от сезона и собственного стока реки. Поэтому необходимо их оценивать для периода, наиболее опасного для перехода.

Приливо-отливные явления

5. Приливы и отливы изменяют уровни и расходы воды в реке, а также изменяют скорости течения и их направление. При приливах создается кратковременный подпор, течение замедляется и принимает обратное направление. При отливах возникает спад и течение воды ускоряется.

Приливное течение сменяется на отливное и наоборот не сразу по всему сечению потока, а от дна к поверхности и от берегов к стрежню.

В некоторые часы приливо-отливной фазы могут наблюдаться два противоположных течения.

Наблюдения и обработка расходов и уровней в условиях прилива и отлива приведены в гл. 2.

6. Расчетные расходы с учетом прилива $Q_{\text{пр}}$ и отлива $Q_{\text{отл}}$ воды при отсутствии непосредственных наблюдений определяют по формулам

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{р\%}} - \frac{W_{\text{пр}}}{36000 \Delta t_{\text{пр}}}, \quad (8.20)$$

$$Q_{\text{отл}} = Q_{\text{р\%}} + \frac{W_{\text{пр}}}{36000 \Delta t_{\text{отл}}}, \quad (8.21)$$

где $Q_{\text{р\%}}$ — собственный паводочный расход реки заданной вероятности превышения, м³/сек; $\Delta t_{\text{пр}}$ — среднее время прилива в паводочный сезон за период не менее 15 дней, ч; $\Delta t_{\text{отл}}$ — то же, отлива, ч; $W_{\text{пр}}$ — объем накопившейся в прилив воды, м³, определяемый как

$$W_{\text{пр}} \approx 0,33 L_{\text{пр}} h_{\text{пр}} (B_{\text{м}} + B_{\text{L}}) + W_{\text{п}}; \quad (8.22)$$

$L_{\text{пр}}$ — длина распространения прилива выше створа перехода; $h_{\text{пр}}$ — высота прилива над средним уровнем 15-дневного периода в створе перехода; $B_{\text{м}}$ — ширина разлива реки в период максимального прилива в створе перехода; B_{L} — ширина разлива в створе, расположенном на расстоянии $L_{\text{пр}}$ выше перехода; $W_{\text{п}}$ — объем приливной воды в притоках, определяемый по формуле

$$W_{\text{п}} = 0,33 \sum_{i=1}^n (B_{\text{yi}} + b_i) l_i \Delta h'_i; \quad (8.23)$$

b_{yi} — ширина разлива притока в устье; b_i — ширина разлива в месте выклинивания воды прилива на притоке; l_i — длина распространения прилива по притоку; $\Delta h'_i$ — высота приливной воды в устье притока.

В формулах (8.22) и (8.23) можно приближенно принимать

$$B_{\text{м}} = B_{\text{L}}; \quad B_{\text{yi}} = b_i.$$

6. Отметку уровня высоких вод при приливе определяют по формуле

$$H_{\text{пр}} = H_{\text{р\%}} + k_{\text{п}} (h_{\text{max}} - h_{\text{min}} + \Delta h_{\text{пр}}), \quad (8.24)$$

где $H_{\text{р\%}}$ — максимальный уровень воды заданной вероятности превышения, вычисленный путем статистической обработки многолетних рядов ежегодных максимумов уровней от суммарного воздействия паводковых вод и приливов; $k_{\text{п}}$ — коэффициент, учитывающий возможность ежегодных несовпадений пика паводка с максимумом сизигийного периода, который принимают в зависимости от числа лет наблюдений n :

n	< 5	5—10	10—30	30—50	> 50
$k_{\text{п}}$	0,40	0,3	0,2	0,1	0

$h_{\text{max}} - h_{\text{min}}$ — разность максимального и минимального уровней воды сизигийного прилива; $\Delta h_{\text{пр}}$ — увеличение приливной волны в зависимости от силы попутного ветра, принимаемое $(0,7 \div 1,2) h_{\text{пр}}$.

7. В мелководных районах моря между приливом и нагоном существует нелинейная связь. Наиболее часто максимумы нагона появляются в моменты полной воды, формируя максимальный

суммарный уровень. Поэтому для короткого эстуария время наступления максимума нагона совпадает с фазой полной воды.

8.3. Определение расчетных расходов на переходах, расположенных в зоне влияния плотин

1. Если на пересекаемой реке выше или ниже по течению от створа перехода имеется плотина, создающая водохранилище, то надлежит в организации, эксплуатирующей данный гидроузел, получить все сведения о конструкции плотины: напоре (максимальной разности отметок уровней воды в верхнем и нижнем бьефах); наличии водосбросных сооружений; вероятности превышения паводочного расхода, принятой при проектировании; объеме водохранилища при нормальном подпорном уровне верхнего бьефа; годе постройки и имевшихся случаях нарушений нормальных условий эксплуатации. Указанные сведения дополняют натурным обследованием, при котором устанавливают соответствие фактического состояния сооружения данным проекта и реальную опасность его разрушения при проходе паводка вероятностью превышения, принятой для проектируемого мостового перехода. Если проектная документация гидроузла отсутствует, то все необходимые сведения устанавливают по материалам обследования (см. п. 4.4).

2. Методика определения расчетных расходов на мостовых переходах, расположенных в зоне влияния плотин, зависит от капитальности последних, т. е. возможности их прорыва.

Если при проходе расчетного для мостового перехода расхода воды не обеспечивается сохранность всех элементов плотины, то такую плотину следует рассматривать как некапитальную (для проектируемого мостового перехода).

3. Если мостовой переход располагают ниже существующей капитальной плотины, то при определении расчетных расходов для мостового перехода возможность прорыва плотины исключают и учитывают лишь данные о трансформации паводка (сбросовые расходы), получаемые в организации, проектирующей водохранилище. Для небольших водохранилищ колхозных ГЭС, прудов с водосливными плотинами, а также озер, через которые проходит главное русло реки, трансформацию паводка рассчитывают по приближенной формуле

$$Q_{сб} = Q_p \left(1 - \frac{W_{оп}}{W_p} \right) k_r, \quad (8.25)$$

где $Q_{сб}$ — максимальный расход сброса из водоема; Q_p — максимальный расход воды, поступающей в водоем; $W_{оп}$ — регулирующий объем водоема, равный площади акватории, умноженной на среднюю глубину возможного наполнения от межени до бровок берегов; W_p — объем расчетного паводка; k_r — коэффициент, учитывающий кривизну графиков притока, принимаемый равным 0,85.

Если мостовой переход располагается в нижнем бьефе капитальной плотины, осуществляемой многолетнее регулирование, то в соответствующей проектной организации следует получить сведения о возможной «срезке» расходов на пике паводков, являющихся расчетными для мостового перехода (см. п. 7.1).

4 Когда трасса проектируемого перехода проходит вблизи существующей некапитальной низконапорной плотины, в верхнем и нижнем бьефе ее, то сооружения перехода должны быть рассчитаны на пропуск расхода при прорыве плотины. Этот расход определяют по приближенной методике, изложенной ниже (см. п 5—14)

5 Нахождение створа перехода в зоне влияния некапитальной плотины в ее верхнем бьефе устанавливают по отметке уровня воды при максимальном наполнении водохранилища с учетом кривой подпора, образующейся при прохождении паводка

Для перехода в нижнем бьефе плотины зону влияния ее на бытовой гидрологический режим водотока определяют расчетом (см. п 14)

6 После установления возможности прорыва некапитальной плотины (см п 4 4) определяют расход при ее прорыве (в м³/с) по формуле

$$Q_{п} = B_{п} H_{п}^{3/2} k_{пр}, \quad (8.26)$$

где $B_{п}$ —длина плотины по ее гребню, м, $H_{п}$ —напор (разность отметок верхнего и нижнего бьефов) в момент прорыва, м, $k_{пр}$ —коэффициент, учитывающий отношение возможной ширины прорыва к длине плотины и условия истечения воды при прорыве

Значения коэффициента $k_{пр}$ [13] в зависимости от длины $B_{п}$, для вероятностей превышения $P = 2\% \div 0,5\%$ приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

$B_{п}, м$	$k_{пр}$	$B_{п}, м$	$k_{пр}$	$B_{п}, м$	$k_{пр}$
20	0,48	140	0,38	280	0,32
40	0,45	160	0,37	320	0,30
60	0,43	180	0,36	360	0,29
80	0,41	200	0,35	400	0,28
100	0,40	220	0,34	460	0,26
120	0,39	260	0,33	≥500	0,25

7 Створ перехода в верхнем бьефе водохранилища следует располагать в наибольшем удалении от створа плотины для уменьшения влияния волны прорыва на сооружение перехода

Расстояние от плотины до перехода должно быть не менее $2B_{п} \cdot k_{пр}$ [35] Расход $Q_{пв}$ при прорыве плотины в створе перехода определяют по формуле

$$Q_{пв} = \frac{W_1}{W_0 - W_2} (Q_{п} - Q'_{п}), \quad (8.27)$$

где W_1 —объем части водохранилища выше перехода, W_0 —объем водохранилища при наивысшем уровне верхнего бьефа, который для ориентировочных

расчетов принимают $W_0 \approx \frac{B_B H_H D_B}{4}$, B_B —ширина водохранилища в створе плотины, H_H —напор, D_B —длина водохранилища, W_2 —объем части водохранилища ниже перехода при отметке уровня, равной наименьшей отметке дна в створе перехода, Q'_H —расход, вычисленный по формуле (8.26) для напора H'_H , равного разности наименьшей отметки дна в створе перехода и наименьшей отметки дна в створе плотины

Если W_2 и Q'_H невелики (при малой разности наименьших отметок дна в створах перехода и плотины), то в формуле (8.27) ими можно пренебречь.

Если расход, определенный по формуле (8.27), окажется больше, чем расчетный расход паводка $Q_{p\%}$, то отверстие моста рассчитывают на пропуск $Q_{пв}$.

8. Волна прорыва поступает в нижний бьеф плотины, сопрягаясь с естественным руслом водотока прыжком, гашение энергии которого происходит на участке длиной, равной $\approx 10 H_H$. Ввиду возможности образования на участке гашения энергии прыжка глубокой промоины, створ перехода в нижнем бьефе следует располагать от плотины на расстоянии более $20 \cdot H_H$.

При движении волны прорыва по естественному руслу (за участком гашения энергии) может происходить ее трансформация (распластывание), если русло является транзитным. Транзитным считается русло, если: а) на участке от плотины до створа перехода нет приращения площади водосбора; б) приращение ΔF менее 20% от водосборной площади F , замыкаемой створом плотины; в) паводочный сток на рассматриваемом участке русла не синхронен со стоком выше лежащей части водосбора; г) прорыв плотины произошел в меженьный период.

9. При расчете трансформации прорывного расхода на транзитном участке русла (от плотины до створа перехода) могут встретиться [35] следующие случаи:

а) водохранилище практически не имеет бассейна, питается за счет грунтовых вод и осадков, выпадающих на площадь водохранилища, или паводочный сток зарегулирован на участке выше водохранилища; прорыв вызван конструктивными недостатками сооружения и некачественной эксплуатацией его;

б) водохранилище имеет собственный бассейн; прорыв плотины происходит при проходе паводка расчетной вероятности превышения для проектируемого перехода, при заполненном водохранилище до прохода паводка;

в) условия те же, что и в пункте «б» но прорывается поочередно ряд плотин, расположенных в каскаде прудов; первой прорывается верхняя плотина, последней—нижняя

10 В случае, предусмотренном в п. 9а, максимальный расход прорывной волны $Q_{пм}$ (с учетом ее трансформации в транзитном русле) для створа перехода равен [33, 35]

$$Q_{пм} = \frac{W_0 Q_{пH}^{0.14}}{W_0 i^{0.14} + \varphi Q_{пH}}, \quad (8.28)$$

где i —продольный уклон русла, ‰, φ —коэффициент равный 12 и имеющий размерность, m^{-1} с l_n —длина транзитного участка русла, без учета участка гашения энергии прыжка (см п 8)

Если на длине l_n величина i переменна, то расчет по формуле (8 28) выполняют последовательно по участкам с однообразным уклоном

По формуле (8 28) можно производить приближенный расчет трансформации волны попуска через водосборные сооружения неразрушаемых капитальных плотин, для этого расход прорыва заменяется расходом попуска, а объем водохранилища—объемом попуска

Расход и объем возможного максимального попуска задается организацией, эксплуатирующей капитальную плотину

11 В случае, предусмотренном в п 9б, величину $Q_{пм}$ рассчитывают по формуле

$$Q_{пм} = \frac{(W_0 + W_{p\%}) Q_{пn} t^{0.14}}{(W_0 + W_{p\%}) t^{0.14} + \varphi Q_{пn} l_n}, \quad (8 29)$$

где $W_{p\%}$ —объем паводка расчетной для перехода вероятности превышения, соответствующий площади водосбора в створе плотины

Остальные обозначения те же, что и в формуле (8 28)

11 В случае, предусмотренном в п 9б, величину $Q_{пм}$ рассчитывают [33, 35] по формуле

$$Q_{пм} = \frac{\left(\sum_1^n W_0 + W_{p\%} \right) Q_{пn} t^{0.14}}{\left(\sum_1^n W_0 + W_{p\%} \right) t^{0.14} + \varphi Q_{пn} l_n}, \quad (8 30)$$

где n —число плотин, $Q_{пn}$ —прорывной расход n ой (последней) нижней плотины

Остальные обозначения те же, что и в формулах (8 28) и (8 29) Пример расчета расхода прорывной волны приведен в прил 8 2

12 В зависимости от величины водосбора выше плотины и условий ее прорыва могут наблюдаться два типа гидрографов волны прорыва и совмещенной с ней паводочной волны, изображенные на рис 8 3

Для случая, показанного на рис 8 3, а, когда $Q_{p\%} > Q_{пn}$, величина $Q_{пn}$ в формуле (8 29) заменяется величиной $Q_{p\%}$ —максимальным расходом паводка расчетной для перехода вероятности превышения $p\%$

Для аналогичного случая при расчете по формуле (8 30) величина $Q_{пn}$ заменяется величиной $Q_{1\%}$.

Если условия, определяющие транзитность русла (см п 8)

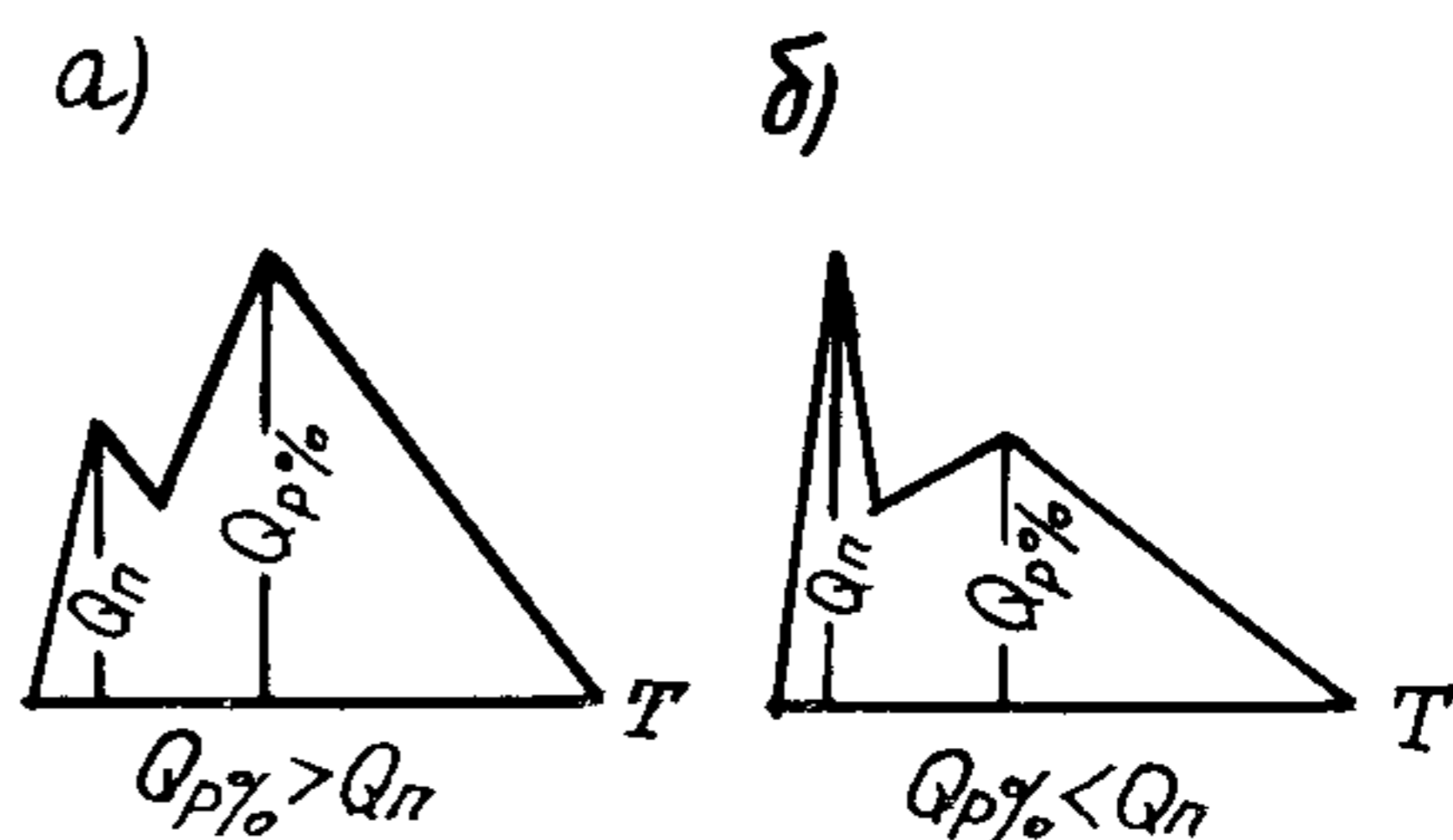


Рис 8 3 Типы гидрографов волны прорыва и совмещенной с ней паводочной волны

а—при $Q_{p\%} > Q_{пn}$ б—при $Q_{p\%} < Q_{пn}$

для данного объекта, не соблюдены, то распластывание волны прорыва—паводка не учитывают. Для гидрографа на рис. 8.3, а величины $Q_{p\%}$ и $W_{p\%}$ определяют для водосборной площади $F + \Delta F$ в створе перехода; для гидрографа на рис. 8.3, б, если для водосбора $F + \Delta F$ условие $Q_{p\%} < Q_n$ сохраняется, расчетный расход для створа перехода принимают равным Q_n , а объем стока определяют в створе перехода.

13. Расчеты трансформации волны прорыва—паводка на транзитном участке русла (см. п. 8) по изложенной приближенной методике допускается производить при наличии на участке l_n выраженного русла и пойм, пропускающих не более 20% расчетного расхода; при уклонах водотока в пределах $0,1\text{‰} \leq i \leq 10\text{‰}$; длина участка l_n не должна превышать 15 км для равнинных водотоков ($0,1\text{‰} \leq i \leq 1\text{‰}$) и 25 км для полугорных и горных водотоков ($1\text{‰} < i \leq 10\text{‰}$).

14. Для наиболее часто встречающихся на практике случаев, когда $Q_n > Q_{p\%}$, при трассировании перехода представляет интерес определить расстояние l'_n , на котором устанавливается равенство $Q_n = Q_{p\%}$, указав тем самым пределы зоны влияния прорыва некапитальной плотины на мостовой переход в нижнем бьефе.

Величину l'_n определяют по формуле [33]

$$l'_n = \frac{(Q_n - Q_{p\%})(W_0 + W_{p\%})l^{,1}}{\varphi Q_n Q_{p\%}} \quad (8.31)$$

8.4. Ледовый режим зарегулированных рек

1. Сооружение плотинных гидроузлов приводит к изменению гидравлических и морфометрических характеристик на зарегулированных участках рек. Увеличение глубины и площади водной поверхности, падение уклона и скорости потока в зоне верхнего бьефа (ВБ) гидроузла, а также неравномерность сбрасываемых в нижний бьеф (НБ) расходов и поступление из водохранилища воды с положительной температурой обуславливает изменение ледового режима на зарегулированных участках рек по сравнению с бытовыми условиями [7; 30].

2. Необходимым условием начала ледообразования в водохранилище является переохлаждение воды (температура ниже 0°C). При штиле и отсутствии заметных течений переохлаждение наблюдается в тонком поверхностном слое с образованием первичных иглообразных кристаллов (сало), при смерзании которых образуется сплошная корка льда (ледяной покров). Замерзание акватории водохранилища распространяется от берега (забереги) на всю водную поверхность (ледостав). При сильном ветре и волнении процессы замерзания сопровождаются образованием больших скоплений шуги (комьев всплывшего на поверхность внутриводного льда). На водохранилищах, расположенных в районах с неустойчивыми погодными условиями (Северный Кавказ, Средняя Азия), обильный снегопад с ветром может вызывать в текущей воде появление снежуры.

Сроки появления льда на водохранилищах более поздние, чем на естественных водотоках. В зависимости от погодных условий и морфометрических характеристик водохранилища продолжительность периода замерзания колеблется в среднем от 5 до 25 суток [11, 7].

Ровная поверхность ледяного покрова наблюдается при малых скоростях ветра (до 2 м/с). Действие ветра и волнение способствуют образованию торосистых ледяных полей. Колебания толщины льда по акватории водохранилищ значительны и составляют в среднем 20%, однако это несколько меньше, чем на речных участках.

К моменту вскрытия водохранилищ толщина ледяного покрова уменьшается в среднем на 30%.

Интенсивность разрушения ледяного покрова зависит в основном от радиационного баланса, температуры воды, скорости и направления ветра. Средняя продолжительность периода вскрытия и очищения ото льда поверхности водохранилищ составляет 10—40 суток.

3. В ВБ гидроузла возможно образование осенне-зимних зажоров и весенних заторов льда. Примерная зона заторов (зажоров) льда находится преимущественно на участке выклинивания кривой подпора вследствие резкого уменьшения скоростей течения при переходе от речных условий к режиму водохранилища. В свою очередь эта зона разделяется на участки: а) переменного подпора в хвосте водохранилища, где ледовый режим наиболее сложен; б) постоянного подпора реки.

Наиболее мощные весенние заторы возникают в начальный период ледохода. Длину заторного участка определяют по продольному профилю реки, на который наносят нормальный подпорный уровень (НПУ) и уровень мертвого объема (УМО) водохранилища, а также уровни наиболее низкого и высокого начала ледохода на реке (рис. 8.4).

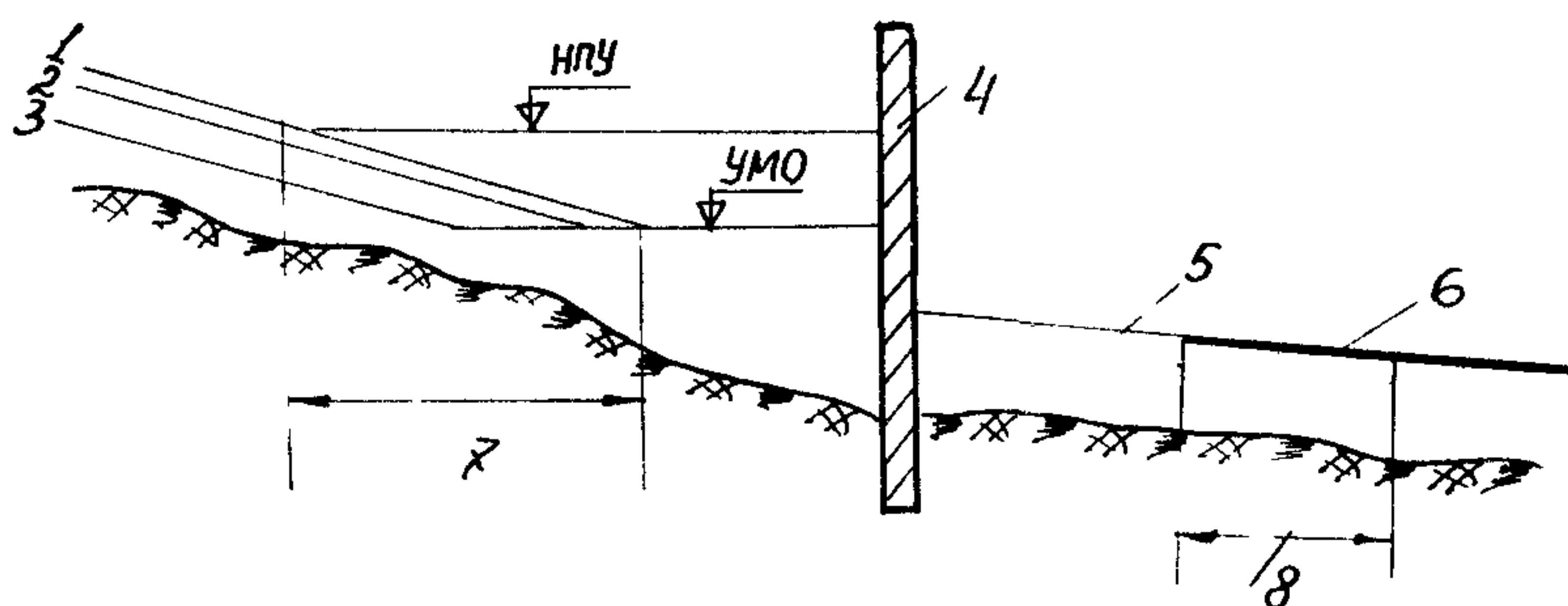


Рис 8.4 Зоны возможных заторов и зажоров льда:

1—уровень высокого ледохода; 2—уровень низкого ледохода; 3—уровень межи; 4—створ плотины, 5—шуга; 6—ледяной покров, 7—зона возможных заторов льда в верхнем бьефе, 8—зона зажоров

Условия образования заторов в зоне выклинивания кривой подпора водохранилища отличаются от бытовых не только особенностями регулирования стока (суточное, недельное), но и наличием предупредочной сработки уровня воды в целях предотвращения максимальных заторных подъемов уровня воды и возможного затопления прибрежных территорий.

4. Для расчета заторного уровня воды $H_{зт}$ определяют объем льда $W_{л}$, который может сплыть при ледоходе к намеченному створу

$$W_{л} = LBh_{лр}k_{л}, \quad (8.32)$$

где L —длина реки выше створа, принимаемая равной (80—100) B , B —средняя ширина реки на начало ледохода; $h_{лр}$ —средняя толщина льда в реке на конец ледостава; $k_{л}$ —коэффициент густоты ледохода (определяется по результатам визуальных наблюдений за ледоходом; при отсутствии данных наблюдений за ледоходом $k_{л} \approx 0,7—0,8$)

При нескольких уровнях воды определяют емкости заторного участка выше створа, способные вместить объем сплывающего льда,

$$W_{зат} = \frac{B_{зат}H^2k_{и}}{2i_{ф}} - W_{лв}, \quad (8.33)$$

где $B_{зат}$ —средняя ширина заторного участка; H —средняя глубина живого сечения в рассматриваемом створе, $i_{ф}$ —средний уклон реки на заторном участке; $k_{и}$ —коэффициент использования емкости водохранилища (в зависимости от залесенности пойм, принимается равным 0,25 при сплошной залесенности и 0,75÷0,80—при малозаросших поймах), $W_{лв}$ —объем льда, покрывающего водохранилище, определяемый как

$$W_{лв} = L_{в}B_{в}h_{лв}, \quad (8.34)$$

$L_{в}$ —длина водохранилища от рассматриваемого створа при НПУ, $B_{в}$ —средняя его ширина при НПУ; $h_{лв}$ —средняя толщина льда на водохранилище

Уровень воды, при котором выполняется равенство $W_{л} \approx W_{зат}$, соответствует заторному уровню. Заторные массы льда, достигнув наибольшей мощности, после прорыва перемещаются вниз по течению; при этом уровень воды на заторном участке падает и подтопление от затора ослабевает. Плотность льда в заторе составляет примерно 0,55÷0,60 т/м³.

5. Ледовый режим в НБ гидроузла определяется не только метеорологическими условиями в районе гидроузла, гидравликой и морфометрией русла, но и в значительной мере режимом работы ГЭС и различных водосборных сооружений. На участке, наиболее удаленном от плотины, где влияние попусков на гидроузле сказывается незначительно, условия формирования ледяного покрова, сроки и продолжительность ледовых явлений не отличаются от бытовых (см. гл. 7). На приплотинном участке НБ ледовый режим неустойчив и характеризуется чередованием ледостава с ледоходом и шугоходом (см. рис. 8.4). Сочетание повышенных по сравнению с естественными условиями расходов попусков и положительной температуры сбрасываемой из водохранилища воды обуславливает наличие в НБ свободной ото льда полыньи,

размеры которой колеблются в среднем от 1 до 100 км и могут быть определены по рекомендациям, изложенным в [11, 7, 30]. В пределах этого участка воздействие льда на мостовые сооружения, как правило, не учитывается.

При скорости течения в НБ ($v > 0,5 \div 0,8$ м/с), вызывающей повышенную турбулентность потока, вода переохлаждается, и в периоды резких похолоданий в полынье происходит интенсивное шугообразование. Сплывая вниз по течению, шуго-ледяная масса задерживается у кромки льда, где, скапливаясь, образует ледяной покров. Повышенные сбросные расходы в створе плотины и наличие в полынье шуги приводят к формированию зажоров в зоне кромки льда и к разрушению ледяного покрова ниже кромки с последующим образованием заторов [53].

Неустойчивое положение кромки ледяного поля в нижнем бьефе на конечном участке приплотинной полыньи может вызывать в период ледостава переменные во времени ледовые нагрузки на речные гидротехнические сооружения. Расположение створов мостовых переходов в этой зоне повышает вероятность заторо- и зажорообразования.

При отсутствии данных гидрометрических измерений для определения максимальных заторных уровней воды можно применять зависимость для бытовых условий (см. гл. 7) [11, 7].

6. Ледовый режим зарегулированных участков рек определяют по данным систематических наблюдений на постах Гидрометеорологической службы СССР и организаций, эксплуатирующих водохранилища и гидроузлы.

В состав наблюдений входят:

учащенные наблюдения за уровнями воды на водохранилище и в зоне нижнего бьефа (позволяют иметь данные об НПУ, УМО, отметки водной поверхности НБ);

авиаразведки и наземные обследования ледового состояния реки и водохранилища, ледемерные съемки (позволяют получить данные о сроках сработки водохранилища в зимний период и наполнения в период весеннего половодья; даты замерзания и вскрытия реки в зоне гидроузла; толщину ледяного покрова в период ледостава; наличие и мощность заторов и зажоров, место, время их образования и прорыва; данные о размерах приплотинной полыньи и т. д.);

наблюдения за стоком льда (позволяют получить данные о размерах и скорости движения льдин, оценить коэффициент густоты ледохода или шугохода, получить информацию о пропуске льда через плотину в НБ и т. п.).

9.1 Типизация и задачи прогнозирования руслового процесса

1 Русловым процессом называются изменения форм речного русла и пойм (плана, живых сечений), постоянно происходящие под воздействием несущего наносы водного потока. Знание руслового процесса на данном участке реки позволяет оценить взаимодействие сооружений с происходящими преобразованиями русла и пойм и выявить наиболее неблагоприятные условия работы мостового перехода, которые могут появиться за срок его эксплуатации.

2 Река на своем протяжении может менять характер руслового процесса в зависимости от объемов жидкой и твердой фаз стока, рельефа водосбора и развития приточной системы.

Государственным гидрологическим институтом [31] установлены семь основных типов руслового процесса: 1) ленточногрядовый, 2) побочный, 3) ограниченное меандрирование, 4) свободное меандрирование, 5) незавершенное меандрирование, 6) пойменная многорукавность, 7) русловая многорукавность.

Тип руслового процесса устанавливают по картам и планам согласно внешним признакам, которые приведены в следующих пунктах главы. Русловые процессы на конусах выноса горных и селевых водотоков приведены в гл. 4. Внешние признаки подразделяются на мелко- и крупномасштабные. К первым относятся характерные планы русел, наличие ограничивающих факторов (например, узкая долина). Крупномасштабными (или детальными) признаками являются форма излучины, наличие спрямляющих протоков, наносные скопления и т. д.

Тип руслового процесса удобно выявлять, сопоставляя имеющийся топографический материал с эталонными или характерными участками (см. рис. 9.1—9.7).

3 Для выявления типа руслового процесса также используют критериальные зависимости, позволяющие от визуальных оценок перейти к измеряемым величинам параметров русла и долины реки. По данным ГГИ [31] и ЦНИИСа [5] тип руслового процесса может быть определен по значению критериального параметра A , определяемого по соответствующим формулам:

$$A = \frac{i}{i_p} \frac{B}{B_p}, \quad (9.1)$$

$$A = \frac{v_p}{i^{0.4} \sqrt{gH_p}}, \quad (9.2)$$

где i — продольный уклон дна долины, принимаемый равным уклону водной поверхности при УВВ, i_p — то же, руслового потока по тальвегу, B — ширина речной долины, B_p — ширина русла между бровками пойменных берегов (в разветвленном русле ширина его равна сумме ширин протоков), v_p — средняя скорость по сечению в бровках русла, g — гравитационная постоянная, $9,81 \text{ м/с}^2$, H_p — средняя глубина русла в бровках.

В табл. 9.1 даны значения критерия А для основных типов руслового процесса.

Таблица 9.1

Тип процесса	Значения критериального параметра А	
	по ГГИ	по ЦНИИС
Меандрирование:		
ограниченное	4,5—6	<4,6
свободное	25—48	4,6—6,4
незавершенное	10,5—18,5	6,4—9,5
Многорукавность:		
пойменная	5,5—10	9,5—10,5
русловая	1,5—2,5	>10,5
Побочный	2—3	—

В сложных случаях рекомендуется использовать оба критерия в сопоставлении с материалами съемок за разные годы.

9.2. Ленточногрядовый тип русла

1. Ленточногрядовый тип руслового процесса наблюдается обычно на отдельных участках рек и не имеет широкого распространения. Деформации русла состоят в сползании по течению крупных гряд наносов (мезоформ), занимающих всю ширину русла (рис. 9.1). Берега русла устойчивые, задернованные, поймы небольшие без протоков и староречий, русло песчаное, в плане слабо извилистое и его повороты совпадают с поворотами долины. Ленточные гряды наносов хорошо видны на аэрофотоснимках русла, снятого в период межени.

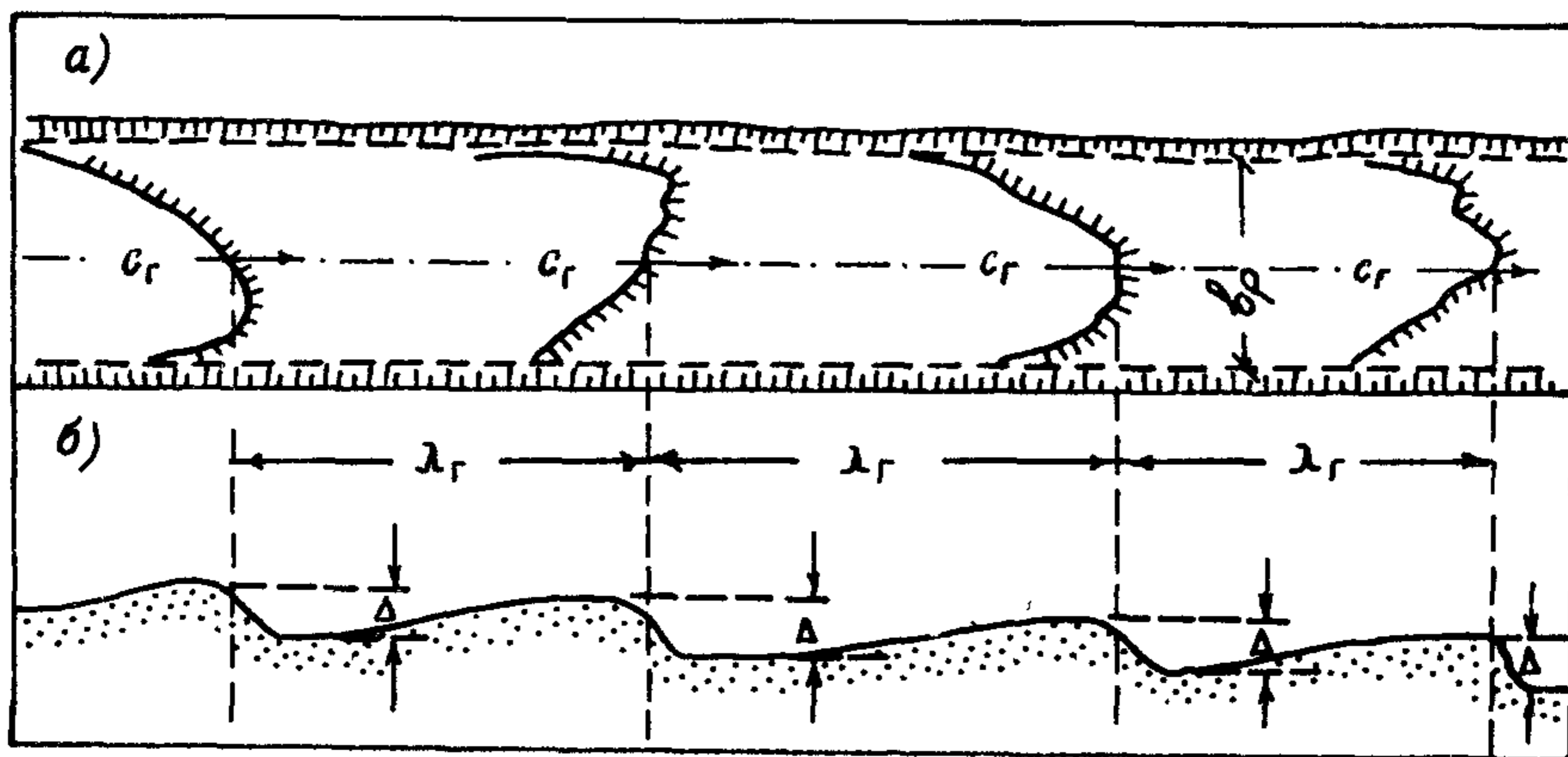


Рис. 9.1. Ленточногрядовый тип руслового процесса:
а—план; б—продольный профиль русла; λ_r —шаг гряд, Δ —их высота

2. Параметры ленточных гряд устанавливают продольными промерами русла эхолотом. Подлежат определению следующие величины: шаг гряды λ_r и отношение λ_r/b_p (см. рис. 9.1), равное порядка $6\div 8$; высота гряды, равная превышению гребня над наинизшей точкой подвалья гряды Δ_r , средняя скорость перемещения гряд C_r , которая может достигать до 200—300 м/год.

Наибольшие скорости движения гряд и их высоты наблюдаются в паводок. В створе мостового перехода неоднократно пройдут гребни и подвалья гряд, что необходимо учесть в расчете общего размыва (см. п. 10.4).

Наибольшие значения Δ_r устанавливают серией продольных промеров глубин русла в паводок на протяжении не менее $4\text{—}5\lambda_r$. Русловую съемку выполняют на протяжении 3-х шагов гряды.

9.3. Побочный тип русла

1. При побочном типе руслового процесса наносы движутся мощными грядами, занимающими все русло и сильно перекошенными в плане. Пониженные части гряд образуют перекаты, а возвышенные части примыкают к берегам русла, обсыхают в межень и образуют собственно побочни (рис. 9.2, а). Деформации русла заключаются в сползании гряд, которые оказываются сдвинутыми относительно друг друга примерно на половину шага гряды.

Паводочный поток параллелен берегам русла в пойменных бровках, а в межень поток делается извилистым, образуя у противоположных побочням берегов глубокие плесы. При размывах плесовых лощин происходит периодическое расширение, а затем, при подвижке побочня, сужение русла.

Поймы, как правило, незначительны или отсутствуют за исключением случаев, когда побочни движутся в меандрирующем русле ниже впадения притока, резко изменившего расход наносов в сторону его увеличения. Такое явление может происходить в течение некоторого времени после спрямления вышележащих излучин русла. Фракционный состав донных наносов, слагающих побочные русла, колеблется от песков до крупной гальки.

2. В паводок гряды движутся со скоростью от десятков до сотен метров в год. Такие скорости перемещения гряд определяют неоднократное прохождение через створ перехода за срок его эксплуатации побочней у обоих берегов русла с образованием под мостом плесов и перекатов (см. рис. 9.2, б).

Подлежат определению следующие характеристики побочного русла: λ_n —шаг побочня; $B_{бр}$ —ширина русла в пойменных бровках (см. рис. 9.2, а); λ_n/b_p —относительный шаг побочня ($4\div 8$); $B_{бр}/b_p$ —отношение, равное на плесовых участках $2\div 4$, а на перекатах $B_{бр}\approx b_p$, где b_p —ширина меженного русла.

3. План русла в горизонталях снимают на протяжении не менее $4\lambda_n$.

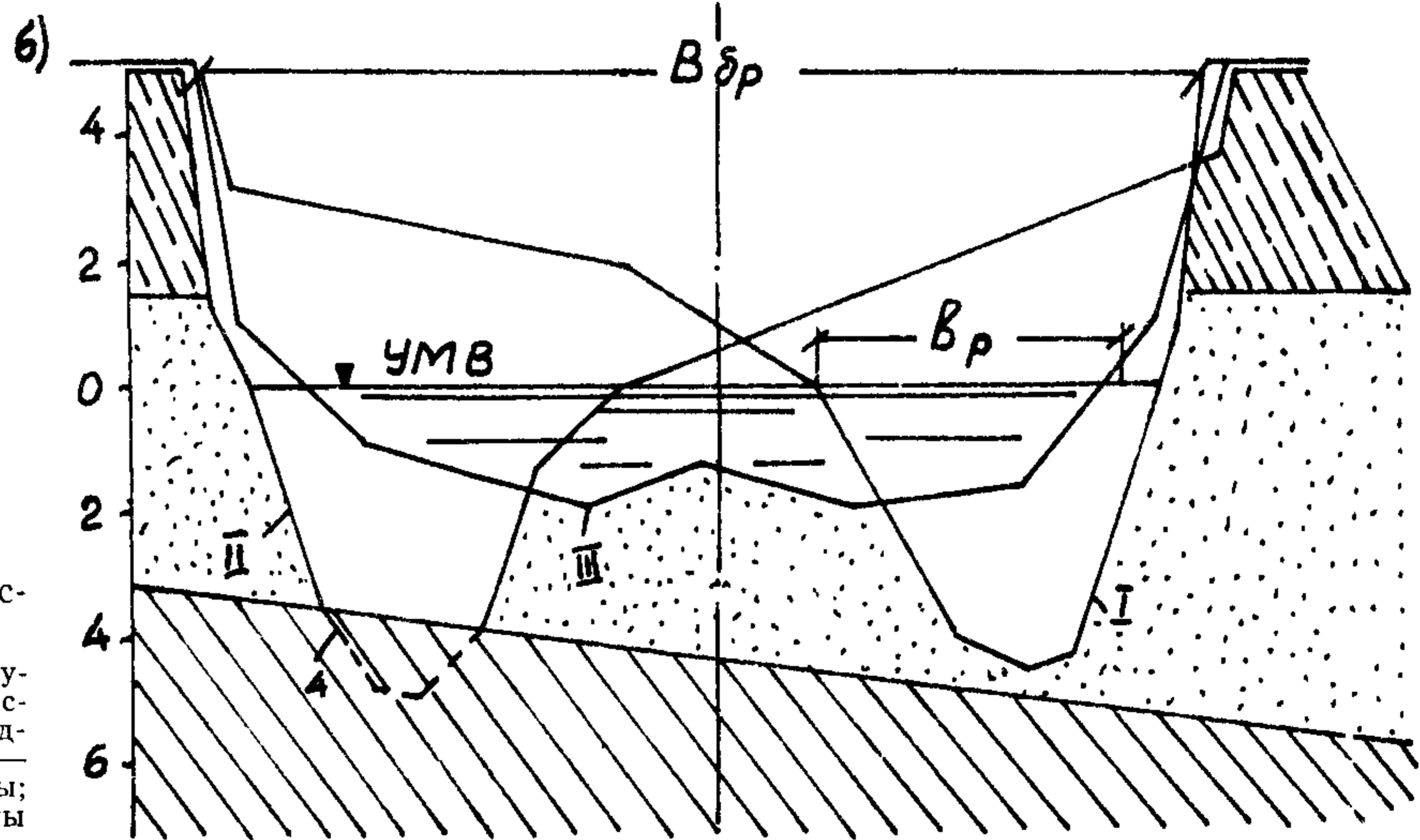
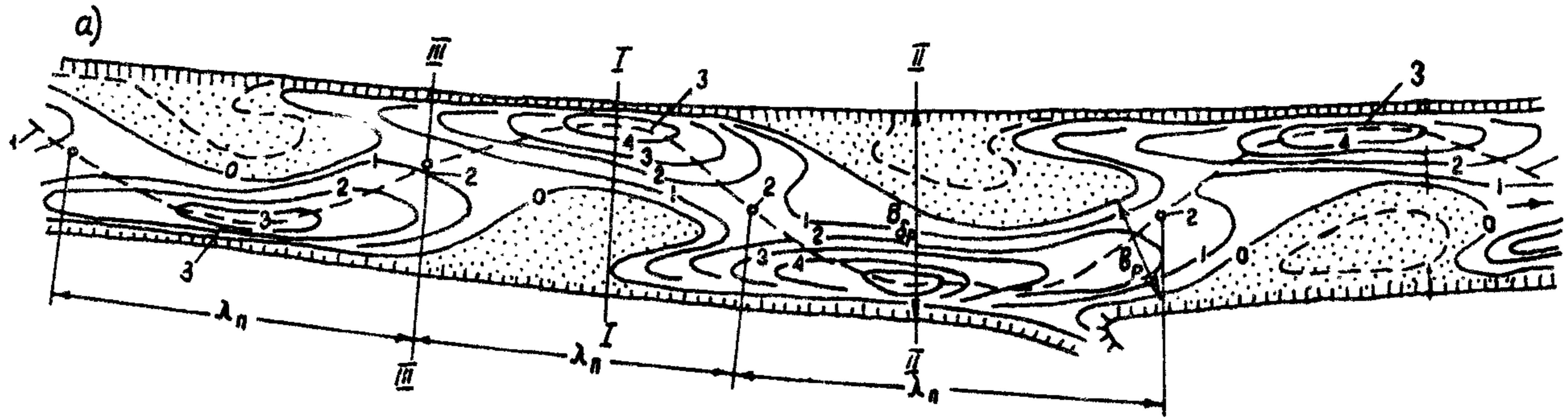


Рис. 9.2. Побочной тип руслового процесса:

a—план русла с изолиниями глубин; *b*—совмещенные профили расчетных сечений I, II, III; 1—средняя линия меженного русла; 2—перекаты; 3—плесовые лощины; 4—базальный слой плотной глины

Для трех характерных живых сечений русла (см. рис. 9.2, б) определяют наимизшие отметки дна—в плесовых лощинах на спаде паводка, а на перекатах—в конце меженного периода. Расчеты общих и местных размывов подмостового русла производят для трех характерных живых сечений.

Для назначения минимального отверстия моста $L_{\text{м min}} \geq V_{\text{бр max}}$ определяют величину $V_{\text{бр max}}$ на однородном участке реки, в пределах которого водосборная площадь изменяется не более чем на 15%, по 15—20 створам в местах наибольшего расширения русла, используя крупномасштабные карты и аэрофотоснимки.

9.4. Ограниченное меандрирование русла

1. Тип ограниченного меандрирования характерен для рек, текущих в узких долинах. При небольших скоростях сползания побочней эти русловые формы закрепляются растительностью, которая задерживает взвешенные в паводочном потоке наносы, превращая побочни в пойменные массивы. Русло имеет вид пологих излучин, развитие которых ограничено бортами долины; в паводок пойменные массивы размываются в верховой и наращиваются с низовой стороны, а пологие меандры сползают вниз по течению с сохранением своих очертаний и размеров.

2. Пойменные массивы, как единая макроформа с руслом, смещаются вместе с излучинами (рис. 9.3). Наибольшие глубины расположены у размываемого берега пойменного массива. Каждая излучина ограничена двумя перекатами, наращиваемыми в паводок и размываемыми в межень. С течением времени русло и пойменный массив в данном створе могут находиться поочередно у обоих берегов долины. При ограниченном меандрировании подлежат определению следующие параметры: $\lambda_{\text{ои}}$ —шаг излучины, равный расстоянию между двумя смежными перекатами; $B_{\text{пм}}$ —ширина пояса меандрирования, примерно равная ширине долины между подошвами ее склонов; $b_{\text{р}}$ —ширина меженного

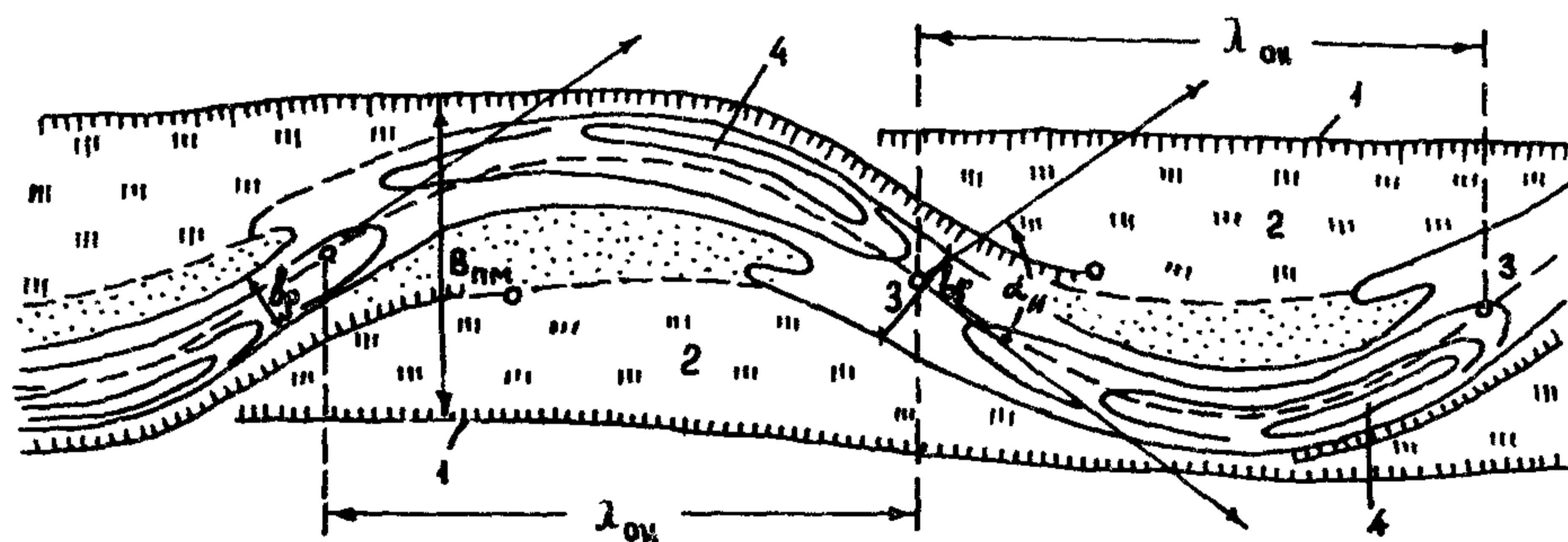


Рис. 9.3. Ограниченное меандрирование:

$\lambda_{\text{ои}}$ —шаг излучины, $B_{\text{пм}}$ —ширина пояса меандрирования, $b_{\text{р}}$ —ширина русла; $\alpha_{\text{ш}}$ —угол разворота; 1—борта долины; 2—пойменные массивы; 3—перекаты; 4—плесовые лощины

русла; $r_{и}$ —средний радиус кривизны излучин на участке перехода, м; $\alpha_{и}$ —средний угол разворота излучин, обычно менее 60° — 70° и редко превышающий 90° .

Русловую съемку производят на протяжении $2\lambda_{он}$ на спаде паводка для определения наибольших глубин плесовых ложин, дополняя ее промерами глубин на перекатах в конце меженного периода.

3. Скорость сползания излучины определяют по смещению точек перегибов (перекатов) путем совмещения съемок за различные годы. Скорость $C_{и}$ относительно невелика и составляет метры и реже десятки м/год. Поэтому образование русла у противоположных берегов долины или переката в ее середине за срок эксплуатации перехода не всегда будет иметь место. Следовательно, необходимо знать величину $C_{и}$ для сравнения вариантов расположения моста—или с перекрытием всей зоны русловых деформаций, или с закреплением вогнутых берегов меандрирующего русла.

4. Если разновременных съемок участка перехода нет, то величину $C_{и}$ приближенно определяют по формуле Л. Л. Лиштвана:

$$C_{и} = \frac{q_{т} T_{расч}}{\rho_{s} H_{л}}, \text{ м/год} \quad (9.3)$$

где $q_{т}$ —средний за расчетное время удельный расход наносов в излучине русла, определяемый по формуле, кг/с · м

$$q_{т} = 12 \left(\frac{v_{л}}{v_{0} K_{v0}} \right)^3 (v_{л} - v_{0} k_{v0}) \left(\frac{H_{л}}{d} \right)^{1/3} d, \quad (9.4)$$

$T_{расч}$ —расчетное время в сек, в течение которого при среднем ($p \approx 50\%$) паводочном расходе средняя скорость в излучине $v_{л}$ превышала неразмывающую скорость v_{0} ; ρ_{s} —плотность сухого грунта русла в естественном залегании, $\rho_{s} \approx 1700$ кг/м³; $H_{л}$ —средняя за расчетное время глубина воды плесовой ложины у вогнутого берега, м; k_{v0} —коэффициент уменьшения размывающей скорости на откосе вогнутого берега с заложением $1 : m$:

$$k_{v0} = \left(\sqrt{1 - \left(\frac{m_0}{m} \right)^2} - 10 \frac{m_0}{m} \frac{H_{л}}{r} \right)^{1/2}; \quad (9.5)$$

m_0 —коэффициент естественного заложения грунта, слагающего берег ниже слоя пойменного наилка (см. табл. 10.11); $r = (r_{и} + \frac{B_p}{2})$ —радиус кривизны потока у вогнутого берега; B_p —ширина русла в бровках.

Радиус кривизны по оси излучины определяют по формуле:

$$r_{и} = \frac{\lambda_{и}^2}{4a_{и}}, \quad (9.6)$$

где $a_{и}$ —расстояние от середины шага излучины до ее вершины.

Средняя скорость по сечению в середине излучины $v_{л}$ может быть определена по формуле [5]

$$v_{л} = v k_r, \quad (9.7)$$

где k_r —коэффициент увеличения скорости потока у вогнутого берега по срав-

нению со средней скоростью потока по всему сечению русла v , определяемый по формуле

$$k_r = 0,9 \frac{(1 + \xi)^3}{1 + \xi^2}, \quad (9.8)$$

где $\xi = \frac{1}{2} b_p/r_n$ — коэффициент относительной ширины русла

При расчете скорости сползания излучины C_n для определения $T_{расч}$ гидрограф среднего паводка принимают по характерным гидрографам рек района. Подробный пример расчета C_n приведен в [5].

5. Для ограниченно меандрирующих рек степень влияния перехода на русловой процесс определяется наличием или отсутствием стеснения пояса меандрирования насыпью перехода. На выбор проектного решения влияет скорость сползания макроформ — излучины и пойменного массива. Если за срок эксплуатации перехода излучина переместится на величину менее $\lambda_n/2$, то возможен вариант устройства моста через русло с закреплением вогнутых берегов пересекаемой и верховой излучин.

Это вызовет сжатие пологих излучин выше остановленных в своем движении излучин на переходе с последующим прорывом перешейков и движением побочной или осередков на спрямлениях русла. При смещении излучины за расчетный срок на величину больше $\lambda_n/2$ целесообразно рассмотреть вариант перекрытия мостом всего пояса меандрирования, если долина достаточно узка.

9.5. Свободное меандрирование русла

1. На равнинных реках, протекающих в широких долинах с обширными поймами, обычно происходит процесс свободного меандрирования их русел. Процесс заключается в неограниченном развитии излучин русла, причем излучина проходит определенный цикл развития — от слабо выгнутого, подобно синусоиде, участка до сложного петлеобразного очертания в плане с образованием узкого перешейка между вогнутыми берегами верховой и низовой излучин, который затем прорывается (рис. 9.4). После прорыва русловой поток переходит в образовавшееся спрямление, центральная излучина превращается в старицу; а верховая и низовая излучины вместе со спрямлением русла образуют одну пологую излучину, вновь повторяющую описанный цикл развития. При больших углах разворота плесовая ложина разделяется на две и более, и излучина становится асимметричной. В паводок плесы размываются, а перекаты наращиваются, в межень происходит обратный процесс.

2. На участке реки ряд излучин, находящихся обычно в разных стадиях развития, смещаются вниз по течению, образуя пояс меандрирования, ограниченный линиями, соединяющими вершины противоположно направленных излучин. Смещение пояса меандрирования может быть ограничено коренными бортами долины, устьями крупных притоков и другими местными причинами.

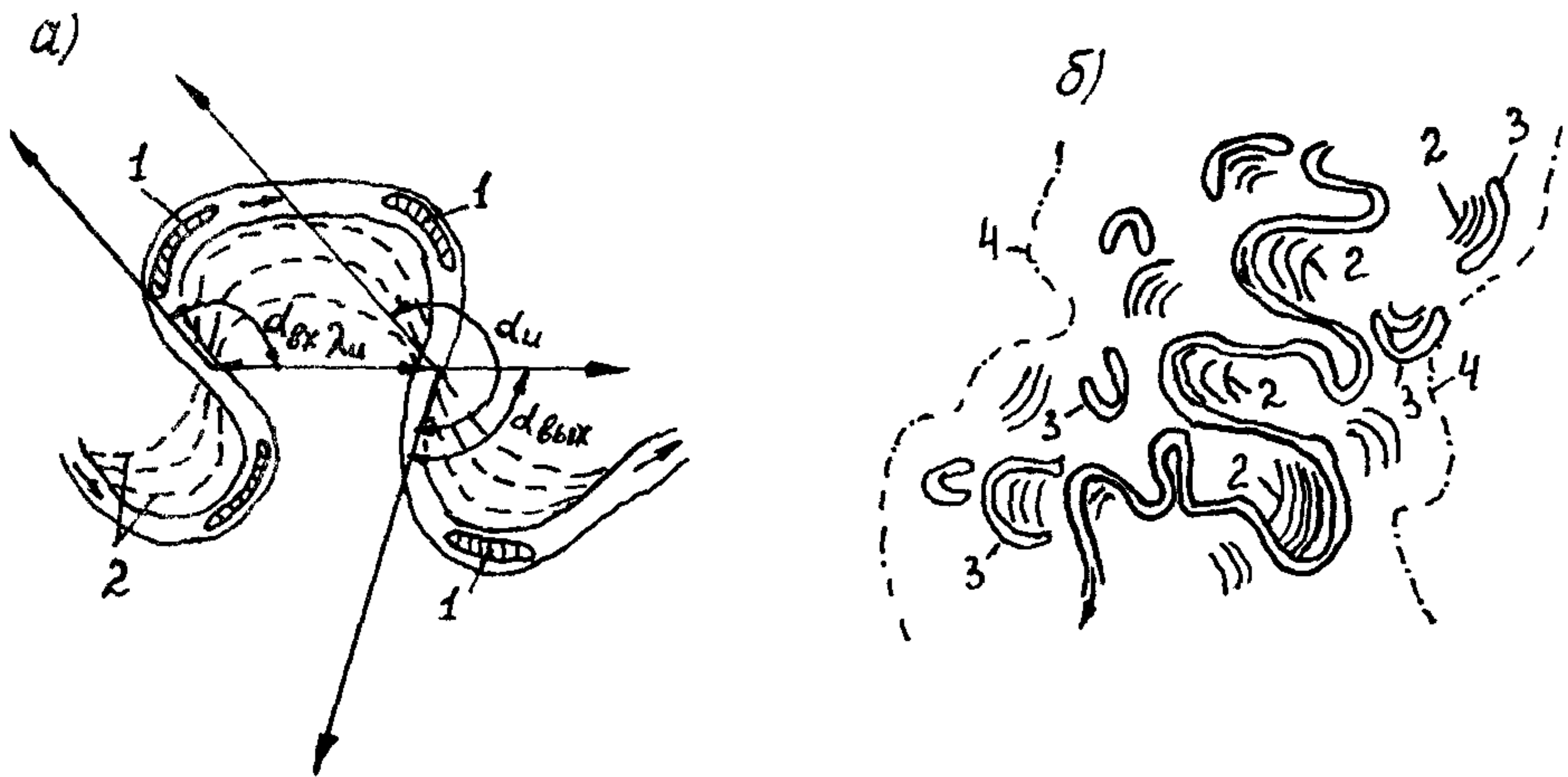


Рис 94 План свободно меандрирующего русла

a—характерные излучины *б*—участок долины, 1—глубокие участки плесов 2—старые прирусловые валы, 3—старицы 4—границы поймы

Периодические прорывы перешейков и отторжения петель русла создают сложный рельеф поймы, состоящий из серий грив, старых прирусловых валов и изолированных стариц

3 При свободном меандрировании определяют следующие параметры: λ_n —шаг излучины, S —длина излучины, измеряемая между верховой и низовой точками перегиба по средней линии русла; отношение S/λ_n —характеризует развитость излучины; α_n —угол разворота излучины $\alpha_n = \alpha_{вх} + \alpha_{вых}$ (см рис 94); r_n —радиус кривизны, измеряемый в случае асимметрии излучины отдельно для каждого плеса (см п. 94, формулу 96); b_p —ширина русла в бровках на перекатах между излучинами; b_n —то же в излучине; B_{max} —наибольшая ширина пояса меандрирования (см рис. 98); C_m —скорость смещения береговой линии в точке наибольшей деформации плана излучины. Значения C_m —составляют метры и десятки метров в год

Русловую съемку производят в пределах трех излучин—пересекаемой трассой и смежных с ней верховой и низовой излучин

Прогнозирование скорости плановых деформаций при наличии разновременных съемок с интервалами не менее 5—7 лет выполняют по совмещенным планам русла

Совмещение планов разновременных съемок, после приведения их к одному масштабу, уточняется нагурным обследованием участка, выделением характерных мест размыва и намыва берегов и с учетом возможных нарушений естественных деформаций вследствие приближения меандра к коренному борту долины или образования спрямлений на смежных излучинах

4. При отсутствии разновременных съемок смещение линии вогнутого берега Y_6 на данном поперечнике определяют по приближенной формуле Н. Е. Кондратьева:

$$Y_6 \approx C_m k_{из} T_{пр} \frac{h_n - h_0}{h_m - h_0}, \quad (9.9)$$

где $k_{из}$ — коэффициент скорости развития излучины, зависящей от угла ее разворота α_n или степени развитости излучины S/λ_n (табл. 9.2); $T_{пр}$ — число лет срока прогнозирования; h_n — наибольшая глубина на данном створе; h_m — наибольшая глубина плеса данной излучины; h_0 — средняя глубина двух перекатов, ограничивающих излучину.

Глубины отсчитывают от уровня средней межени (УМВ_{50%}).
Входящая в формулу (9.9) наибольшая скорость плановых деформаций C_m может быть определена по имеющимся данным деформаций других излучин на морфологически однородных участках реки как

$$C_m = \sum_1^{n_{из}} \frac{C_i}{k_i} / n_{из}, \text{ м/год} \quad (9.10)$$

где $n_{из}$ — число обследованных излучин русла; k_i — табличные значения коэффициента $k_{из}$ для соответствующей излучины (см. табл. 9.2).

Т а б л и ц а 9.2

α_n°	40	55	70	85	100	125	170	195	215	240	260
$k_{из}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	0,95	0,9	0,8	0,7
S/λ_n	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,65	2,00	2,4	3,2	4,0

Следует иметь в виду, что приведенные в табл. 9.2 величины $k_{из}$, характеризующие скорость развития излучины в течение всего цикла деформаций, соответствуют огибающей кривой $k_{из} = f(\alpha_n)$ обширного поля точек, полученных исследованиями ГГИ для рек различных регионов. Поэтому использование данных табл. 9.2 предполагает запас в расчетах Y_6 , что следует считать оправданным, учитывая невысокую точность [56] формулы (9.9).

Средняя по периметру вогнутого берега скорость смещения может по [56] быть принята $\bar{C}_m \approx 0,66 C_m$.

5. Использование для определения величины C_m метода аналогий допускается, если рассматриваемая река и выбранная река-аналог имеют идентичные тип руслового процесса и тип максимального стока, а также близкие значения величин площади водосбора, относительной его ширины, уклона, расходов воды в паводок $Q_{1\%}$ и $Q_{50\%}$ и среднюю крупность частиц аллювия.

Характеристики участков свободно меандрирующих русел с данными наблюдений их плановых деформаций приведены в табл. 9.3 [89].

Река, участок, расстояние от устья	Макс скорость смещения бровки берега, C_m , м/год	Расход воды, m^3/c		Уклон водной поверхности, ‰	Грунт русла
		максимальн. наблюдаемый	средний многолетний		
Ока 253—257 км от устья	7,5	15800	655	0,044	песок мелкий
Иртыш 406—529 км	10,8	12100	2150	0,032	то же
» 534—803 км	6,2	»	»	»	»
Зeya от М Сазанки до Даниловки	7,0	10900	325	4,0	мелкий гравий
Десна 131—151 км	8,1	8090	326	—	песок
» 205—218 км	6,1	»	»	—	»
» 382—426 км	8,5	2300	158	0,2	»
» 483—518 км	1,6	»	»	»	»
Сож 19—29 км	8,8	6600	202	0,2	»
» 49—76 км	4,4	»	»	»	»
Дунай-Килийский рукав	7,5	—	4135	0,004	песок мелкий
Днепр 1146—1149 км	3,8	4970	369	0,13	песок
» 1150—1158 км	4,7	»	»	»	»
» 1271—1280 км	2,7	2820	189	0,14	»
» 1314—1321 км	1,8	»	»	»	»
» 1441—1448 км	1,3	2000	125	0,17	»
» 1647—1660 км	1,4	»	»	»	»
Риони от устья до впадения р Цхенисхали	17,8	2910	47	0,4	песок мелкий
Кеть 500—515 км от устья	8,2	1520	244	0,08	песок
Полометь от с Зеленый Бор и выше 3,5 км	2,5	120	8	0,4	»

6. Развитие одноплесовой излуины сопровождается уменьшением радиуса ее кривизны и увеличением глубины плесовой лоцины от максимальной глубины у вогнутого берега h_{\max} до величины $h'_{\max} = h_{\max} \frac{\epsilon'_H}{\epsilon_H}$, где ϵ'_H и ϵ_H — коэффициенты, зависящие от отношения ширины русла $B_{бр}$ к наименьшему радиусу кривизны r_H соответственно для прогнозируемого и современного (см формулу 96) плана русла:

$B_{бр}/r_H$	0,10	0,17	0,20	0,25	0,35	0,50	0,60
ϵ'_H или ϵ_H	1,32	1,48	1,84	2,20	2,64	3,00	3,20

Наименьший прогнозируемый радиус кривизны определяют как

$$r_{\text{н}} = \frac{\lambda_{\text{н}}^2}{4(a_{\text{н}} + Y_{\text{б max}})}, \quad (9.11)$$

где $\lambda_{\text{н}}$ и $a_{\text{н}}$ — имеют прежние значения (см. рис. 9.4); $Y_{\text{б max}}$ — смещение вогнутого берега в створе наибольшей глубины, определяемое по формуле (9.9).

Полученную расчетом величину h'_{max} рекомендуется проверять при наличии соответствующих данных по натурным зависимостям $h_{\text{max}} = f(r_{\text{н}})$ или $h_{\text{max}} = f\left(\frac{S}{\lambda_{\text{н}}}\right)$. Поскольку скорость развития излучины, характеризуемая коэффициентом $k_{\text{из}}$, в процессе деформаций плана непрерывно меняется, то для уточнения расчета срок прогнозирования необходимо разбивать на короткие отрезки времени. Объем вычислений при этом значительно увеличивается и весь расчет целесообразно выполнять на ЭВМ.

Полученные в результате прогноза величины $Y_{\text{б max}}$ и h'_{max} , могут образовываться за расчетный срок в излучинах, деформации которых направлены к сооружениям перехода, и должны учитываться при проектировании.

9.6. Незавершенное меандрирование русла и пойменная много-рукавность

1. Незавершенное меандрирование русел характерно для рек с низкими, глубоко и часто затопляемыми в паводок поймами. Спрямяющие течения между излучинами размывают поверхность поймы, способствуя образованию спрямяющих протоков на ранних стадиях развития меандров, обычно при $\alpha_{\text{н}} \approx 140^\circ \div 160^\circ$. Тонкий слой наилка низких пойм легко размывается и первоначальная небольшая промоина превращается в спрямяющее русло

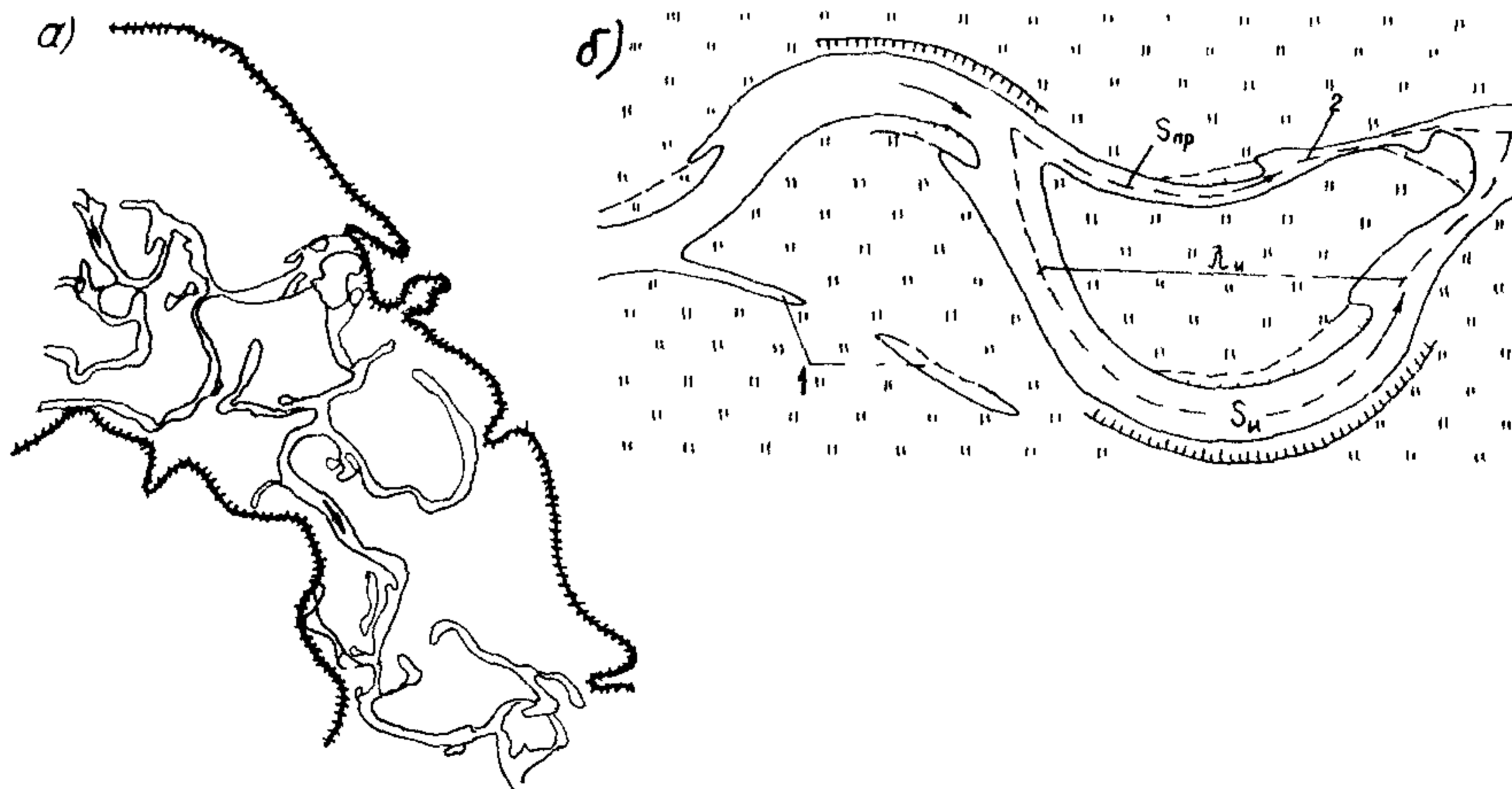


Рис. 95. План русла реки при незавершенном меандрировании: а — участок долины; б — характерная излучина; 1, 2 — развивающиеся спрямяющие протоки

(см. рис. 95), по которому вначале начинают двигаться ленточные гряды или побочни. После перемещения бóльшей части руслового расхода в спрямляющую протоку последняя начинает меандрировать.

Русловую съемку в горизонталях выполняют для пересекаемой излучины и спрямляющей ее протоки, а также для вышележащей по течению излучины и спрямляющей ее протоки.

2. Кроме параметров излучины, определяемых при свободном меандрировании ($\lambda_{из}$, S , $\alpha_{из}$, C_m), для незавершенного меандрирования определяют: показатель незавершенности $S/S_{пр}$, где $S_{пр}$ — длина спрямляющей протоки; показатель затопляемости поймы $\frac{H_{п}}{H_{р}}$, где $H_{п}$ — средняя глубина затопления поймы, $H_{р}$ — средняя глубина русла при расчетном $УВВ_{р\%}$. Чем больше отношение $H_{п}/H_{р}$, тем на более ранних стадиях развития произойдет спрямление

3. При пересечении реки с незавершенным меандрированием русла необходимо, прежде всего, установить степень развитости образовавшейся спрямляющей протоки, для чего определяют расходы воды на уровне пойменных бровок излучины $Q_{из}$ и протоки $Q_{пр}$. Если $Q_{из}/Q_{пр} < 1$, то мост располагают на протоке, а при $\frac{Q_{из}}{Q_{пр}} > 1$ следует, учитывая темпы развития протоки, рассмотреть варианты устройства моста на излучине или на протоке с устройством соответствующих регуляционных сооружений, выключающих или излучину, или протоку. Темпы развития спрямляющих протоков на данном участке реки можно установить сравнением планов меандров русла на разных стадиях развития спрямляющих протоков по материалам аэросъемок за различные годы.

4. Пойменная многорукавность возникает на обширных длительно и глубоко затапливаемых низких поймах равнинных крупных рек, обычно на их приустьевых участках (см. рис. 9.6).

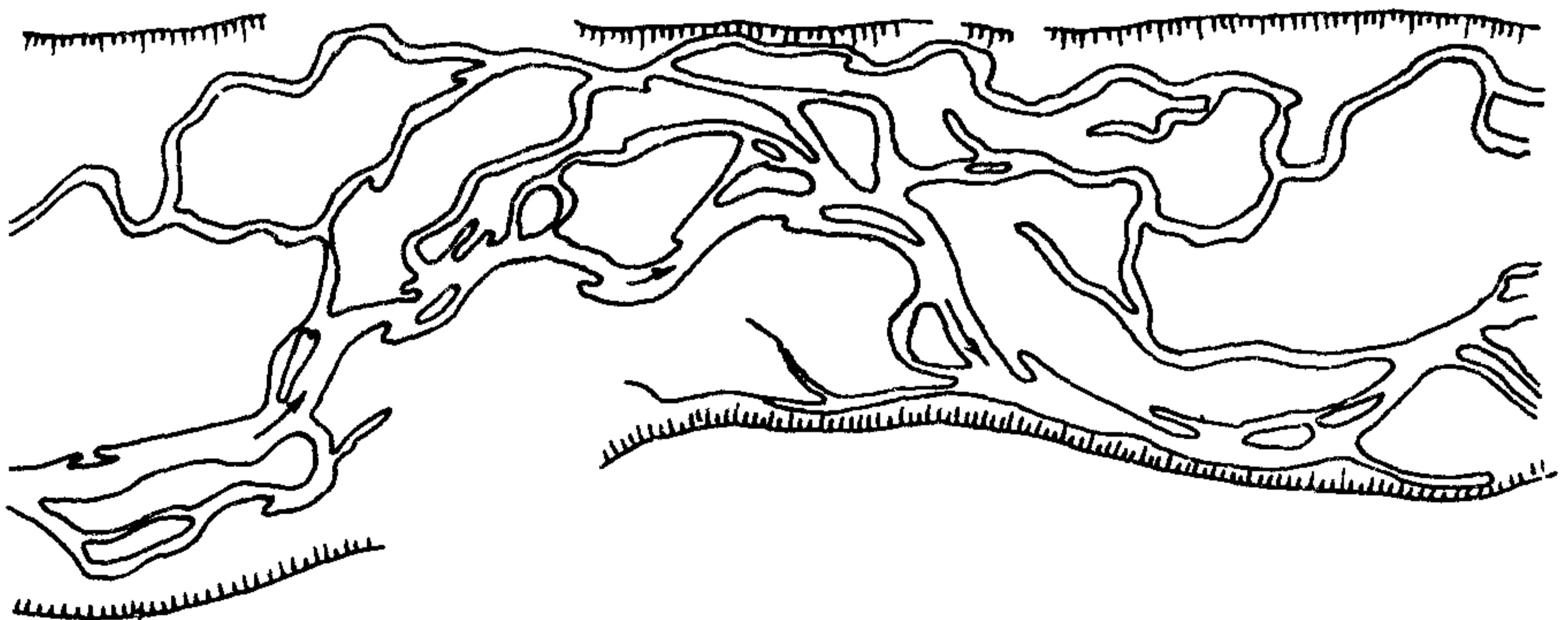


Рис 96 Пойменная многорукавность

Для этого типа руслового процесса характерно образование нескольких протоков, часть таких протоков имеет большую протяженность и соединяет не одну, а группы излучин. Некоторые протоки не связаны с развитием незавершенного меандрирования, возникают от склонового стока речной долины и представляют собой длинные пойменные реки, течение в которых определяется рельефом поймы. Отдельные крупные рукава следует рассматривать как самостоятельные русла, в которых, в зависимости от условий транспорта наносов, могут происходить русловые процессы того или иного из описанных типов. Поэтому специальных измерителей, характеризующих пойменную многорукавность, не дается. Размеры детальных русловых съемок устанавливаются также в зависимости от типа руслового процесса в рукавах.

5 При пойменной многорукавности происходит достаточно быстро меняющееся со временем переформирование жидкого и твердого стоков в протоках. Неустойчивость сети протоков позволяет закрывать протоки без каких-либо последствий для гидрографической сети в районе перехода, если это не связано с нарушением рыбохозяйственных и прочих экологических аспектов. Эту особенность рек с пойменной многорукавностью следует иметь в виду при рассмотрении вариантов местоположения пойменных отверстий.

9.7 Русловая многорукавность

1 Признаком русловой многорукавности является распластанное русло, в котором расположены группы побочней, островов и осередков (островов, не закрепленных растительностью) при отсутствии или незначительности пойм.

Русловая многорукавность имеет разновидности блуждающего русла, осередкового и островного типов.

2 Многорукавность типа блуждающего русла (рис. 9.7) характеризуется большой подвижностью песчаных наносов, когда беспорядочные группы русловых мезоформ формируются и разрушаются в паводок со скоростями, достаточными для резкого изменения динамической оси потока и перемещения наибольших глубин даже в течение суток. Надвинувшийся побочень или осе-

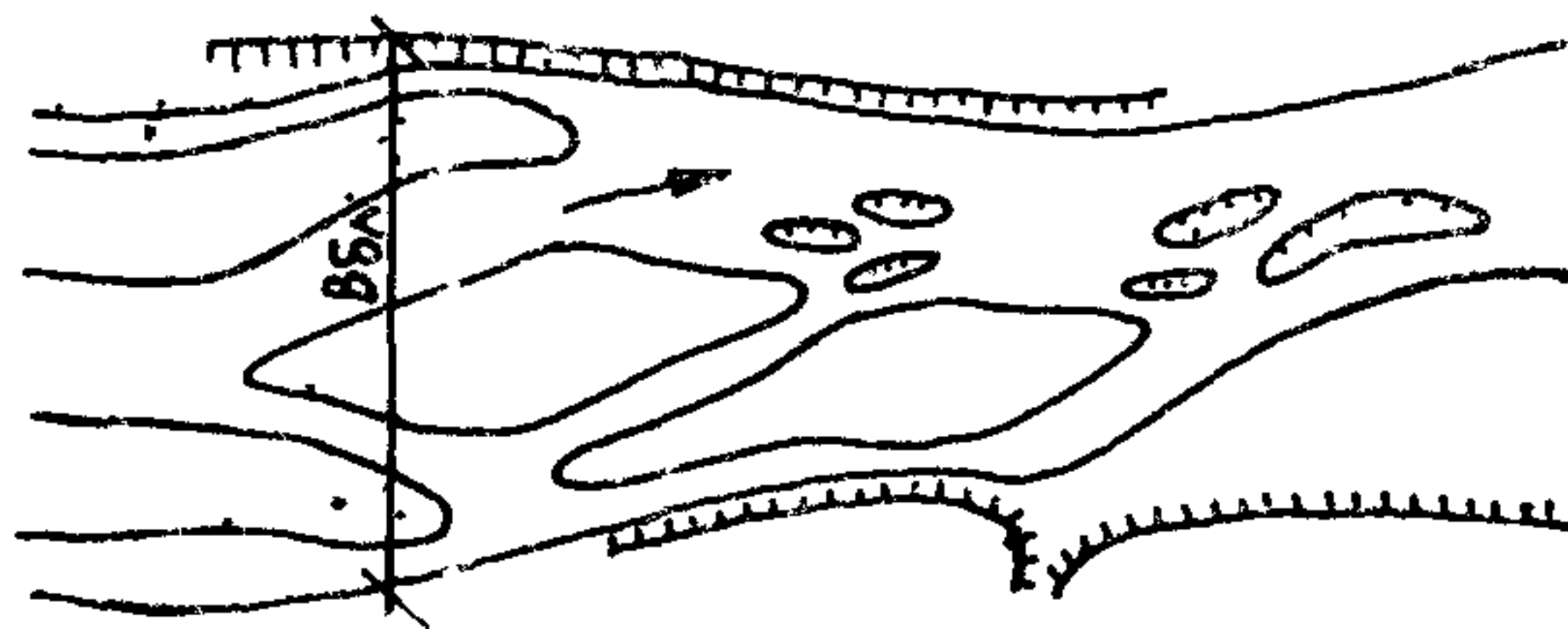


Рис. 9.7 Русловая многорукавность с незакрепленными песчаными осередками

редок может перекрыть крупный рукав русла у одного берега и переместить его к противоположному берегу. При этом происходит резкое увеличение глубин у берега и его размыв, иногда принимающий вид обрушения масс грунта-дейгиша.

Скорости смещения отдельных мезоформ русла и его берегов при их размыве составляют сотни и тысячи метров в год.

Для блуждающего русла необходимо определить величины максимальной ширины зоны блуждания $B_{\text{бл max}}$ на участке мостового перехода и максимальной глубины h_{max} , которая может образоваться на любой вертикали створа перехода при перемещении русловых форм наносов.

Величину $B_{\text{бл max}}$ устанавливают по 15—20 створам на участке перехода с использованием крупномасштабного картографического материала или аэрофотоснимков. Величины h_{max} желательно определить по промерам за ряд лет на створе, ближайшем к намечаемому переходу, с построением зависимости $h_{\text{max}} = f(P_m \%)$, по которой затем получить расчетную величину $h_{\text{max } p\%}$.

3. Створ перехода следует назначать в наиболее узкой части долины реки, где ежегодные колебания величины $B_{\text{бл max}}$ наименьшие. Отверстие моста L_m , как правило, принимают $L_m \approx B_{\text{бл max}}$, учитывая затруднительность устройства и эксплуатации регуляционных сооружений при стеснении зоны блуждания русла.

Зона блуждания русла сложена мелким аллювием, иногда на значительную глубину, поэтому весьма важно дать прогноз возможной глубины потока у любой опоры моста. Эта величина зависит от хаотичного перемещения русловых мезоформ и не связана с величиной паводочного расхода.

4. Ориентировочно возможная максимальная глубина потока под мостом через многорукавное блуждающее русло h_{max} может быть определена при известной средней глубине потока в сечении моста H

$$h_{\text{max}} = H \cdot k_B, \quad (9.12)$$

где k_B —коэффициент, принимаемый для теснин или степени стеснения потока мостовым переходом не менее 1,5 $k_B \approx 2$; для равнин с большой шириной зоны блуждания и перекрытием мостом этой зоны $k_B = 5$

Среднюю глубину потока под мостом определяют по формуле (10.24) динамического равновесия наносов в русле.

5. Многорукавность осередкового типа характерна для участков, где горная река выходит на равнину. Многорукавность создается подвижными осередками, обсыхающими в межень, сложенными гравийно-галечным русловым аллювием. Вследствие значительных скоростей течения, взвешенные наносы на осередках не откладываются в виде наилка. Русловая зона обычно врезана на глубину 1,5—3,0 м в узкую, редко затопляемую, пойменную террасу, покрытую наилком и растительностью. Галечниковые гряды русловой зоны начинают перемещаться при паводках $p \approx 50\%$, а размыв бортов пойменных террас происходит в паводки $p < 5\%$. Скорости смещения гряд составляют десятки (реже

сотни) м/год, а скорости смещения пойменных бровок—десятки м/год. При расчете деформаций мезоформ русел горных рек, сложенных крупным аллювием, можно пользоваться рекомендациями, приведенными в [5]. Как правило, отверстием моста перекрывается вся русловая зона.

Если предполагается стеснение русловой зоны подходами к мосту, то съемка плана в горизонталях должна быть произведена на участке проектируемых регуляционных и укрепительных сооружений.

6. Многорукавность островного типа образуется при отложении на осередках части взвешенных наносов, что приводит к появлению на них растительности и постепенному превращению осередков в острова.

При больших подъемах уровня воды в паводок и больших объемах взвешенных наносов высота островов может достигать многих метров, причем основанием их служит русловой крупный аллювий, погребенный под толщей суглинков. Такие наносные скопления могут образовываться и по краям русловой зоны.

Прогнозирование деформаций в протоках между островами должно выполняться методами, соответствующими типам происходящих в них процессов (пп. 9.2—9.6).

7. На реках, текущих в районах вечной мерзлоты, распластаные русловые зоны при русловой многорукавности способствуют глубокому промерзанию мезоформ и промерзанию до дна проток между ними. Короткий период положительных температур в Заполярье приводит иногда к сохранению мерзлотного ядра осередка в течение всего года, что затрудняет перемещение осередка в паводок, который часто проходит поверх льда на реках, текущих с юга на север.

Наползающие на промерзший осередок микроформы наносов в виде мелких гряд приводят к образованию погребенного льда, предохраняющего мезоформы от размыва и замедляющего их деформации. Замедление движения промерзших мезоформ не исключает возможности образования заторов льда в той части русла, где может наблюдаться ледоход.