МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ВСЕСОЮЗНОЕ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЕ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
"СОЮЗВОДПРОЕКТ"

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРУДОВ

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

ВСЕСОЮЗНОЕ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКОЕ
И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "СОЮЗВОДПРОЕКТ"

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРУДОВ

Утверждены приказом В/О "Союзводпроект"
от 6 июня 1981 г. № 78

Москва 1981

"Рекомендации по проектированию прудов" составлены с целью унификации расчетов и материалов проектирования, выполняемых при строительстве прудов.

Работа составлена по материалам обобщения опыта строительства в европейской части СССР, за исключением республик Прибалтики, Закавказья и северных районов с многолетнемерзлыми грунтами.

В составлении Рекомендаций принимали участие:

отдел гидротехнических сооружений и водохранилищ В/О "Союзводпроект";

институты "Ленгипроводхоз", "Укргипроводхоз" и в составлении раздела "Водохозяйственные расчеты" - институт "Росгипроводхоз".

Рекомендации рассмотрены научно-техническим Советом Минводхоза СССР 20 декабря 1979 г. (протокол № 330).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Рекомендации составлены с использованием действующих общесоюзных и ведомственных строительных норм, правил и указаний по проектированию и строительству гидротехнических сооружений, с использованием типовых проектов и общепризнанной технической литературы.

I.2. К прудам, независимо от их назначения, относятся мелководные водохранилища площадью не более I км^2, образованные водоподпорным сооружением на водотоке постоянного или временного действия с целью хранения воды и регулирования стока (ГОСТ 19I73-73) для нужд орошения, водоснабжения, сельскохозяйственного производства, рекреации (или комплексного их использования).

Проектирование прудов для рыбного хозяйства производится в соответствии с "Нормами технологического проектирования прудовых рыбоводных хозяйств" (институт "Гидрорыбпроект", Минрыбхоз СССР, М., I975 г.).

Под мелководными водоемами подразумеваются водоемы с напором на плотине не более I5 м.

I.3. Использование прудов сельскохозяйственного назначения для питьевого водоснабжения населения допускается лишь по особому разрешению санитарно-эпидемиологических органов.

I.4. В соответствии со СНиП П 52-74; СНиП П 50-74 сооружения прудов относятся к IУ классу.

Повышение класса капитальности возможно при специальном обосновании, если разрушение водоподпорного сооружения может вызвать последствия катастрофического характера для нижележащих поселений или нанесет материальный ущерб народному хозяйству, значительно превышающий затраты на удорожание сооружений, связанное с повышением капитальности.

Стадийность проектирования устанавливается в соответствии с "Временной инструкцией по разработке проектов и смет мелиоративного строительства" - ВСН-110-71. Как правило, пруды проектируются в одну стадию - технорабочий проект. Необходимость разработки проекта в две стадии требует специального обоснования.

Продолжительность проектирования прудов определяется "Временными нормами продолжительности проектно-изыскательских работ для объектов мелиоративного и водохозяйственного строительства"- ВСН-0-1-73.

1.5. Основные характеристики пруда:

нормальный подпорный уровень (НПУ) - наивысший проектный подпорный уровень верхнего бьефа, который поддерживается в нормальных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений;

форсированный подпорный уровень (ФПУ) - подъемный уровень выше нормального, временно допускаемый в верхнем бьефе в чрезвычайных условиях эксплуатации гидротехнических сооружений;

уровень мертвого объема (УМО) - наинизший уровень, до которого допускается опорожнение водохранилища;

уровень зимней сработки (УЗ) - наинизший уровень в зимний период, который гарантирует от закупорки льдом входные отверстия донного водовыпуска;

полный объем пруда V - объем, заключенный между дном чаши пруда и зеркалом воды на отметке НПУ, равный сумме полезного объема $V_п$ и мертвого объема $V_{мо}$;

полезный объем пруда $V_п$ - объем, заключенный между отметками НПУ и УМО;

мертвый объем пруда $V_{мо}$ - объем, заключенный между дном чаши пруда и отметкой уровня УМО;

объем форсировки $V_ф$ - временно задерживающаяся часть объема паводка, заключенная между отметками НПУ и ФПУ;

коэффициент емкости пруда – отношение полезного объема пруда $V_п$ к объему среднемноголетнего стока W_0, $\beta = \frac{V_п}{W_0}$.

2. РЕКОГНОСЦИРОВКА НА МЕСТНОСТИ И ВЫБОР МЕСТА СТРОИТЕЛЬСТВА ПРУДА

2.I. Выбор местоположения пруда (створов для вариантных проработок) производится комиссией при рекогносцировочном обследовании участка водотока в соответствии с положениями "Инструкции по разработке проектов и смет для промышленного строительства" СН 202-8I.

В составе комиссии должны быть:

представитель заказчика, как правило, представитель ОблУОСа или Облводхоза;

представитель проектной организации (главный инженер проекта или главный инженер проектного института, либо его заместитель);

представитель водопользователя (водопользователь);

представитель строительной организации;

представитель районного (областного) исполнительного совета народных депутатов;

При необходимости, обычно по предложению исполкома совета народных депутатов, к работе комиссии могут привлекаться представители заинтересованных организаций и организаций государственного надзора (санитарной инспекции, бассейновой инспекции и т.д.).

Для работы комиссии заказчик с привлечением проектной организации готовит:

выкопировку контура водосбора (масштаба, удобного для работы, например, размещаемого на формате 24, ГОСТ 2301-68, обычно масштаба I:2000 + I:I0000), с нанесенными участками (створами) возможного размещения пруда;

схематичный план наиболее вероятного варианта пруда с сооружениями (с основными разрезами и предварительными объемами работ);

сведения о водопотребителях, базирующихся на данном пруде, сведения о намечаемом сельхозиспользовании пруда (площадь орошения, основное направление, цель и т.д.);

сведения о наличии местных строительных материалов, их запасе, подъездных путях и расстояниях;

согласование предварительных материалов со всеми заинтересованными организациями, интересы которых затрагиваются при строительстве пруда;

сведения о существующем водоснабжении, наличии источников водоснабжения в хозяйстве (на участке – колодцы, пруды), их местоположении, качестве воды и краткая характеристика;

краткое гидрографическое и гидрологическое описание водотока;

соображения о целесообразности и необходимости строительства пруда, его экономической эффективности и другие сведения;

соображения о трудовых ресурсах.

Перечисленные материалы лучше всего сводить в единую пояснительную записку.

Комиссия, ознакомившись с материалами, предоставленными заказчиком и проектной организацией, и проведя рекогносцировочное обследование места под пруд, составляет "акт рекогносцировочного обследования" по предлагаемой форме (формы I,2 прил.I2), Акт, подписанный всеми членами комиссии и утвержденный вышестоящей организацией заказчика, является документом о согласовании параметров намечаемых решений и основанием для выдачи задания и на проектирование объекта.

Материалы рекогносцировочного обследования являются неотъемлемой частью проекта.

Затраты, произведенные на подготовку материалов и рекогносцировочное обследование, включаются в смету на проектно-изыскательские работы.

2.2. При выборе местоположения пруда, в процессе рекогносцировочного обследования, следует:

участок водотока под чашу пруда выбирать в наиболее выгодных гидрологических, топографических, инженерно-геологических, гидрогеологических, общестроительных и санитарных условиях с учетом требований главы СНиП II 50-74;

по возможности не допускать затопления или подтопления полезных земель. Целесообразность затопления полезных земель и строений должна быть экономически обоснована;

стараться располагать пруд как можно ближе к водопотребителям. Лучше всего выше населенных пунктов, промышленных предприятий, животноводческих ферм, кладбищ и т.п. При острой необходимости построить пруд в населенном пункте или ниже его, а также при наличии на водосборе кладбищ, скотомогильников, животноводческих ферм, стойл и прочих факторов, могущих вызвать антисанитарное состояние водоема, выбор места под пруд следует производить после письменного разрешения на постройку пруда районной санитарно-эпидемиологической станции и выполнения требований указанного заключения (отвод сточных вод, перехват высоколежащих грунтовых вод и отвод их в нижний бьеф, обвалование, перенос источников загрязнения);

по возможности удовлетворять требования комплексного использования водоема (рекреационного, охраны природы, рыбоводства и т.д.);

удовлетворять санитарно-гигиенические требования, согласно которым наименьшая глубина у плотины на балках-суходолах была бы не менее 3,5÷4,5 м, а на небольших реках с постоянным притоком воды 2,5÷3,0 м, чтобы средняя глубина пруда была не менее 1,5÷2,0 м, чтобы площадь акватории с глубинами до 1 м при НПУ не превышала 15÷20% от общей площади.

2.3. При выборе створа пруда следует рассматривать вариант полной аккумуляции в пруде стока расчетной обеспеченности с целью исключения строительства водосбросного сооружения - наиболее сложного элемента гидроузла.

Как правило, такие условия возможны, когда объем максимального стока близок к объему водопотребления.

2.4. Объем пруда в намеченном створе в процессе обследования водотока (балки) при отсутствии планов в горизонталях может быть определен по следующей приближенной формуле:

$$V = K \cdot \beta \cdot h \cdot L = K \cdot B \cdot \frac{h^2}{i},$$

где L - длина балки (лога) в пределах подпора, м;

h - глубина воды у плотины, м;

B - ширина пруда по урезу воды у плотины, м;

i - продольный уклон балки;

K - коэффициент.

Значение коэффициента "К" приведено в табл. 2.I

Таблица 2.I

№ п/п	Характеристика водотока (балки)	Значение "К"
I.	Узкое дно и пологие склоны, приближающиеся в разрезе к треугольнику	0,17
2.	Широкое дно, крутые склоны, близкие по очертанию к параболическому	0,22
3.	Неясно выраженные очертания поперечного сечения	0,20

Приведенная формула пригодна для призматической формы балки в пределах подпора, когда поперечники в различных створах мало отличаются друг от друга.

При резких изменениях формы и размеров поперечных сечений в пределах подпора, а также при наличии отдельных сужений или разветвлений, объем пруда может вычисляться на основании съемки дополнительного ряда характерных поперечников, которые дадут возможность уточнить емкость пруда на этом участке.

3. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

3.1. Топографо-геодезические работы заключаются в производстве площадных и русловых съемок, трассировок, промеров глубин водоемов и водоисточников, привязок различных инженерных выработок.

3.2. При выполнении топографо-геодезических работ необходимо соблюдать требования действующих инструкций, указаний Минводхоза, Госстроя, ГУГКа и ведомственных нормативов на изыскательские работы.

3.3. До начала изыскательских работ должны быть получены разрешения на их производство:

изыскания трасс линейных сооружений (ЛЭП, ЛЭС, дороги и др.) длиной до 25 км и съемки на площади до 1,0 км^2 от областных (или районных) отделов по делам строительства и архитектуры;

изыскание трасс длиной более 25 км и съемки на площади более 1 км^2 – от территориальных инспекций госгеонадзора ГУГКа при Совете Министров СССР;

разрешение на производство работ в зоне ЛЭП, ЛЭС, полосы отвода железных дорог, на вскрытие подземных инженерных сетей – в соответствующих ведомственных организациях;

разрешение на производство рубки просек и визиров от органов лесоохраны.

3.4. Одновременно с получением разрешения на производство изыскательских работ должны быть получены имеющиеся картографичес-

кие и аэрофотографические материалы на район изысканий, а также исходные данные на пункты плановой и высотной государственной сети.

3.5. Без разрешения территориальной инспекции госгеонадзора могут выполняться:

работы по перенесению проекта в натуру;

разбивочные работы для строительства;

съемки существующих каналов (поперечниками);

промерные работы по рекам, озерам и другим водоемам;

съемочные работы в масштабе I:500+I:I000 площадок под сооружения, не входящие в комплекс изысканий.

3.6. При составлении технического проекта топографические материалы должны обеспечить решение следующих вопросов:

установление наиболее целесообразного размещения пруда, сооружений гидроузла и прочих сооружений;

достаточную точность высотного положения пруда и сооружений;

достаточную точность подсчета объемов работ.

3.7. Необходимые масштабы съемок по чаше пруда и сооружениям для составления технического проекта представлены в табл.3.I.

3.8. По величине уклона реки определяют класс нивелирования по ней.

При падении до 5 см на I км реки производят нивелирование III класса; от 6 до 50 см на I км - IУ класса; более 50 см на I км - нивелирование техническое.

Продольный профиль реки составляют в масштабах: горизонтальный I:5000-I:I0000, вертикальный - I:I00.

3.9. В случаях, когда имеющихся топографических и геодезических материалов недостаточно или по содержанию и точности они не удовлетворяют целям, выполняют полевые топографо-геодезические работы.

Таблица 3.I.

Объекты съемок	Масштаб	Сечение рельефа м	Примечание
Пруды площадью зеркала до 50 га	I:2000	0,5 I,0	По дну, на склонах
То же, от 5I до I00 га	I:5000	I,0 2,0	По дну, на склонах
Площадки под плотину длиной до 300 м	I:500	0,5	
То же, свыше 300 м	I:2000	0,5	
Площадки под отдельные сооружения (насосные станции, мостовые переходы, шлюзы и др.):			
площадью до 2 га	I:500	0,5	
площадью более 2 га	I:I000	0,5	
Площадки стройматериалов	I:2000 I:5000	I,0	
План трассы ЛЭП, ЛЭС и др.	I:5000 I:I0000	I,0-2,0	

3.I0. Объем, состав и точность топографо-геодезических изысканий для технического проекта устанавливают программой работ. В программе работ соответствующим образом обосновывается выбор масштаба топографической съемки и сечения рельефа на участке ложа пруда и на площадках гидротехнических сооружений, класс нивелирования реки и расстояния между промерными створами, необходимость съемки и внесения происшедших изменений в имеющиеся картографические и геодезические материалы.

3.II. На стадии рабочих чертежей используются те же карты и планы, что и при составлении технического проекта. Для обновления картографических материалов при необходимости выполняют съемку происшедших изменений, а при утрате пунктов геодезической сети производят ее восстановление на участке пруда и на площадках сооружений.

От пунктов геодезической сети производят отбивку в натуре контура пруда, а также трассируют отворы гидроузла, линии дорог, ЛЭП, ЛЭС, защитных и эксплуатационных устройств. Выполняют съемку площадок гидросооружений в масштабе I:500-I:I000, если эта работа не производилась на стадии технического проекта.

3.I2. При одностадийном проектировании (технорабочий проект) используют картографические и геодезические материалы, те же, что для технического проекта и рабочих чертежей.

3.I3. Топографические съемки выполняются в местных системах координат, согласованных с территориальной инспекцией госгеонадзора и в Балтийской системе высот.

3.I4. Материалы аэрофотосъемки (при их наличии) используются на стадии технического проекта в зависимости от масштаба, времени и качества залета.

3.I5. Топографическая съемка, как правило, проводится контурно-комбинированным и мензульным способами. Тахеометрическая съемка допускается на участках площадью до 20 га в неблагоприятный период с ведением подробного абриса.

3.I6. Топографическая съемка чаши пруда производится до отметок, на 20-30% превышающих заданную высоту подпора (НПУ), с учетом территорий временного затопления, подтопления, переработки берегов, а в нижнем бьефе гидроузла только долины реки.

Съемка подземных инженерных коммуникаций, в случае отсутствия на местности внешних признаков, производится путем вскрытия их при наличии разрешения и в присутствии представителя соответствующих организаций.

При наличии смотровых колодцев и других точек выходов инженерных сетей, съемка производится обычным способом с обследованием и нивелировкой колодцев и других точек.

Направление подземных линий и глубина заложения показываются на планах, а при большом числе коммуникаций составляют отдельный план и экспликацию.

По кабельным сетям выясняют их назначение, напряжение, число прокладок и глубину заложения. Эти данные непосредственно показываются на планах.

Предельная погрешность в определении подземных коммуникаций не должна быть более 0,5 мм в масштабе плана.

3.17. У шахтных колодцев определяются отметки земли, дна и уреза воды. Отметки уреза воды фиксируются в утренние часы суток до массового забора воды. На водонапорные башни составляются эскизные чертежи и указывается отметка дна бака.

3.18. Разбивка геологических створов и привязка геологических выработок производится инструментально.

3.19. Предельная погрешность планового положения выходов подземных вод, геологических и геофизических выработок не должна превышать 2 мм в масштабе плана, а по высоте 1/3 сечения рельефа.

Отметки устья гидрогеологических режимных скважин определяют с точностью 2-3 см относительно друг друга.

Геологические и геофизические точки на местности закрепляют временными реперами.

3.20. Для обоснования прогноза переработки берегов и подтопления территории на местности разбиваются и нивелируются гидрогеологические поперечники.

Поперечники привязываются к геодезической сети с точностью, позволяющей нанести их на план с погрешностью не более 2 мм в масштабе плана, а средние отклонения в отметках выработок в этом случае не должны превышать 5 см.

3.21. Для топографического освещения русла реки производится разбивка и нивелирование поперечников с составлением продольных и поперечных профилей с количеством промерных точек не менее 5.

3.22. Точки нивелирования однодневных горизонтов воды должны располагаться в характерных местах водотока.

3.23. Топографические съемки выполняются только на плановом съемочном обосновании, если на участке и вблизи его (до 2 км) отсутствуют пункты геодезической сети I-го÷4-го классов и I-го÷2-го разрядов местных сетей.

Плановое съемочное обоснование должно удовлетворять техническим требованиям действующих нормативов по топографическим работам.

Съемочные сети разрешается ориентировать по магнитному азимуту.

3.24. Границу затопления определяют и закрепляют:

на застроенных территориях населенных пунктов, промышленных предприятий, сооружений транспорта и т.п.;

на территориях, занятых ценными насаждениями: садами, ягодниками и т.п.;

на территориях, покрытых лесом и кустарником, если на них требуется очистка ложа водохранилища;

на территориях, занятых кладбищами и скотомогильниками, если они входят в контур водохранилища, который пересекает их или проходит вблизи от них.

3.25. Расстояния между закрепленными точками границы зоны затопления принимают от 20 до 150 м, в зависимости от ценности пересекаемых угодий и рельефа местности.

3.26. Расхождения в отметках точек, закрепляющих на местности границу затопления от проектных отметок, не должны превышать следующих величин в метрах (табл. 3.2).

Таблица 3.2.

Характеристика территорий	Крутизна склонов		
	пологие	средней крутизны 5°÷10°	крутые
Застроенные, земли, занятые ценными насаждениями	0,10	0,20	0,35
Земли сельскохозяйственного назначения, леса в степных и лесостепных районах	0,20	0,35	0,60
Залесенные территории в лесостепных районах	0,35	0,60	I,0

3.27. На каждом объекте изысканий под пруды независимо от их размеров должен быть закреплен створ плотины двумя реперами, закладываемыми вне зоны строительства на продолжении створа. Реперы должны быть закоординированы.

3.28. Вынос в натуру границы затопления выполняется по заказу заказчика. Выполненное в натуре закрепление точек границы затопления и репера створа плотины сдается по акту заказчику или по его указанию заинтересованным организациям.

4. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Общие положения

4.I. В данном разделе устанавливаются состав и объемы изыскательских работ по инженерно-геологическому и гидрогеологическому обоснованию проектов прудов на стадии технического проекта и рабочих чертежей на объектах, располагаемых в местности со сложными и средней сложности природными условиями и для технорабочего проекта - в простых условиях.

4.2. Задачей изысканий является изучение природной обстановки на территории проектируемого пруда, установление наиболее благоприятных условий расположения и компоновки сооружений, производства строительных работ, установление необходимых показателей для проведения фильтрационных (прил.IO) и других расчетов с целью прогнозирования мелиоративно-гидрогеологической обстановки в зоне возможного влияния пруда на прилегающую территорию и определения характеристик проектируемых сооружений.

4.3. Состав и объемы инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий при проектировании прудов зависят от типа и размеров сооружений, напора, стадии проектирования, сложности природных условий и степени изученности территории.

4.4. По составу и срокам исполнения изыскания делят на подготовительные, полевые, лабораторные и камеральные.

4.5. В подготовительный период, совпадающий с рекогносцировочным обследованием, независимо от стадии проектирования, входят следующие основные работы:

сбор, изучение и обобщение материалов, имеющихся по району инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий;

оценка возможности использования материалов изысканий прежних лет;

использование материалов изучения объектов аналогов.

Для составления технического задания на изыскания в подготовительный период производятся полевые обследования, а при необходимости - предварительные разведочные работы.

В подготовительный период получают разрешение на производство инженерно-геологических изысканий и регистрируют его в соответствии с действующим положением в территориальном управлении Мингеологии СССР.

4.6. В полевой период выполняют предусмотренные заданием и программой полевые и частично лабораторные и камеральные работы,

согласовывают все возникающие по ходу изысканий вопросы, осуществляют полевой контроль и полевую приемку работ.

Полевая камеральная обработка материалов изысканий выполняется параллельно с полевыми работами. При этом должна быть установлена необходимая полнота выполняемых полевых работ, исключены возможные ошибки в изысканиях и обеспечены исходными данными камеральные работы.

4.7. В камеральный период окончательно проверяют и обрабатывают материалы полевых изысканий и лабораторных исследований, составляют обоснования проектов, записки и заключения.

4.8. В результате выполнения инженерно-геологических и гидрогеологических работ должны быть освещены:

геоморфологические условия - особенности строения изучаемой территории;

геолого-литологическое строение - стратиграфия и особенно литологический состав грунтов, их распространение, условия залегания, мощность; условия распространения и залегания местных или региональных водоупоров. При наличии скальных и полускальных грунтов в пределах глубин заложения оснований проектируемых сооружений изучается также рельеф их кровли;

гидрогеологические условия - наличие, распространение, глубины залегания и мощности водоносных горизонтов, их гидравлический режим (безнапорные, напорные), взаимосвязь их между собой и с поверхностными водами, условия питания, разгрузки, положение пьезометрических уровней, литологический состав, фильтрационные свойства и коэффициенты водоотдачи водовмещающих пород и грунтов зоны аэрации, режим грунтовых и напорных вод, химический состав, степень минерализации, агрессивность грунтовых вод (согласно СНиП II-28-73);

инженерно-геологические условия - основные показатели физико-механических и несущих свойств грунтов оснований проектируемых сооружений, наличие, характер и распространение современных физико-геологических и инженерно-геологических явлений и процессов (карст, оползни, размывы, просадки, эрозия, суффозия, овражкообразование, выходы подземных вод и т.д.) и влияние их на строительство прудов;

естественные строительные материалы (качественный состав, запасы, условия разработки и транспортировки).

4.9. При инженерно-геологических и гидрогеологических изысканиях на участках проектируемых прудов и связанных с ними сооружений должны применяться также геофизические методы исследований (электроразведка, сейсморазведка, каротаж скважин и др.), позволяющие при методической увязке их выполнения с инженерно-геологическими работами сокращать объемы последних.

4.10. При производстве полевых инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий должны строго соблюдаться правила техники безопасности и охраны труда.

4.11. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания должны выполняться в соответствии с методическими руководствами, действующими в гидромелиоративном строительстве.

4.12. Рекомендации по объемам и видам изыскательских работ в зависимости от стадии проектирования даны в прил. I-7.

Указанные рекомендации являются ориентировочными и подлежат уточнению в процессе изысканий.

Изыскания для обоснования технического проекта

4.13. На стадии технического проекта инженерно-геологические изыскания по своему назначению делятся на два этапа: изыскания на участках вариантов створов для выбора одного из них и изыскания на выбранном участке створа и чаше пруда.

4.I4. Конкурирующие участки створов намечаются главным инженером проекта совместно с геологом, исходя из условий рельефа, геологического строения, гидрогеологических условий, удобства размещения сооружений и производства строительных работ, а также наличия местных строительных материалов.

4.I5. На первом этапе изысканий должны изучаться лишь те вопросы, которые определяют выбор участка для расположения створа проектируемых сооружений. В связи с этим в начале изысканий наибольшее значение имеют работы, позволяющие при относительно меньшей детальности охватить большие площади: инженерно-геологические съемки или рекогносцировки с производством минимальных объемов разведочных и опытных работ.

4.I6. На втором этапе работы должны производиться только на выбранном участке гидроузла и пруда.

В сложных гидрогеологических условиях необходимо выполнение изысканий в две стадии. На первой стадии ставится задача определить на основе предварительных изысканий возможность строительства пруда. Для этой цели выполняются инженерно-геологические съемки, при которых уточняются геоструктурные и геоморфологические особенности участка; картируются условия залегания, распространения и литологический состав пород коренной основы и покровных рыхлых отложений, положение в разрезе водопроницаемых пород и грунтовых вод; разбуриваются опорные скважины по основному створу плотины до водоупора с выносом крайних из них на расстояние, обеспечивающее вскрытие уровня грунтовых вод на отметке близкой к НПУ, и при необходимости по одному поперечнику в бортах плотины для установления кривой депрессии на водораздельных участках.

При наличии в разрезе хорошо водопроницаемых пород в опорных скважинах (по одной в тальвеге и в примыканиях) исследуются их фильтрационные свойства.

Результаты изысканий на первой стадии должны рассматриваться совместно с проектировщиками и лишь после этого может быть принято решение о выполнении работ второй стадии - по обоснованию параметров сооружений.

Участки гидроузлов

4.17. Инженерно-геологические изыскания на участках гидроузлов производятся в масштабах, соответствующих сложности геологического строения и гидрогеологических условий и в зависимости от площади участков, подлежащих изучению (см.прил. I и 2).

Если конкурирующие участки расположены на небольшом расстоянии один от другого и находятся в одинаковых по сложности условиях, то изысканиями охватывается весь район расположения этих участков.

Если конкурирующие участки удалены один от другого на расстояние, превышающее 0,5-0,7 км, и в промежутке между ними не может возникнуть новых вариантов, то изыскания для отдельных участков производятся разобщенно в соответствующих масштабах.

4.18. Границы изысканий каждого конкурирующего участка необходимо назначать с учетом следующих условий:

изыскания должны дать материал для расшифровки основных закономерностей геологического строения, геоморфологии, гидрогеологических и инженерно-геологических условий изучаемой площади;

контуры изысканий должны назначаться с учетом возможных перемещений оси плотины, максимального повышения напора и различных вариантов компоновки сооружений;

примыкающие к створам намечаемой плотины участки склонов охватываются изысканиями на расстояние, которое позволило бы оценить устойчивость примыканий плотины и размеры обходной фильтрации;

при назначении границ изысканий в верхнем бьефе следует учитывать необходимость изучения гидрогеологических условий для оценки фильтрации, условий питания и разгрузки грунтовых и напорных вод в строительный и эксплуатационный периоды, подтопления территорий, прилегающих к намечаемым сооружениям, сельхозугодиям, а также устойчивости бортов чаши пруда вблизи сооружений;

при назначении границ изысканий в нижнем бьефе следует иметь в виду необходимость оценки притока в котлованы, размещения водосбросных сооружений, размываемости русла, устойчивости склонов и дна долины под влиянием гидродинамического давления, суффозии и других явлений, которые могут возникнуть после образования пруда.

При всех условиях границы изысканий не должны быть расположены ближе 50–100 м от контуров площадок, занятых сооружениями.

4.19. Инженерно-геологические изыскания должны сопровождаться разведочным бурением скважин, проходкой расчисток, шурфов и других выработок, количество которых определяется в зависимости от масштаба (детальности) исследований, сложности и обнаженности местности (см.прил.3).

В малоизученных районах со сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, при необходимости изучения каких-либо специальных вопросов, может производиться бурение дополнительных скважин.

На участках развития торфяных и илистых грунтов разведка производится бурением зондировочных скважин через 50–100 м на полную их мощность, с заглублением выработок в минеральные грунты на 1–2 м, в зависимости от целевого назначения и сложности объекта изысканий.

Зондировочные скважины не входят в норму количества выработок, предусматриваемых в прил.3, и определяются дополнительно.

4.20. На первом этапе изысканий разведочные работы проводятся на всех конкурирующих участках гидроузла.

Объем и состав этих работ должны обеспечить достаточно обоснованный инженерно-геологический материал, необходимый для выбора окончательного варианта створа гидроузла.

4.21. При изысканиях разведочные выработки следует располагать по линиям (створам), наиболее перспективным для расположения сооружений.

Вне этих линий, выше и ниже створов могут проходиться лишь отдельные выработки в том случае, если есть основания ожидать существенных изменений инженерно-геологических условий или условий устойчивости склонов долины.

Крайние выработки на обоих берегах долины следует располагать выше отметки максимального подпорного уровня - за пределами береговой полосы с выветрившимися и неустойчивыми грунтами.

Ниже отметок подпора выработки следует располагать на примерно равном расстоянии, приурочивая их к различным геоморфологическим и структурным элементам местности.

4.22. Ориентировочные расстояния между выработками и их глубины принимаются в соответствии с прил. 4 и 5.

Выработки следует углублять в грунты, которые могут являться основанием сооружений. При этом необходимо:

исключить возможность ошибочного определения контактов между коренными и четвертичными отложениями;

выявить зону выветривания, глубину залегания, распространения и мощность слабых, сильносжимаемых растворимых или водопроницаемых грунтов в основании сооружений, глубину распространения интенсивной трещиноватости коренных пород, развитие оползней и других нарушений;

установить глубину и условия залегания водоупорного ложа (если оно лежит не глубже двойной-тройной величины напора) или вскрыть относительно водоупорный слой, который обладал бы водопроницаемостью в 5–10 раз меньшей, чем грунты верхней толщи.

В пределах одного геоморфологического или структурного элемента все основные выработки или часть их следует углублять до одной абсолютной отметки или до одного и того же грунта (особенно, если он является маркирующим).

Наиболее густая сеть выработок должна быть принята на участках расположения бетонных частей сооружений, особенно в тех случаях, когда они возводятся на грунтах неоднородных по составу, имеющих низкие несущие свойства или в сложных гидрогеологических условиях. Расстояния на таких участках могут сгущаться до 10–15 м.

Намечаемые выработки должны проходиться до глубины распространения явлений, отрицательно влияющих на нормальную работу сооружения или затрудняющих производство строительных работ.

4.23. При проектировании объекта следует использовать все материалы ранее проводившихся инженерно-геологических изысканий.

4.24. На выбранном участке разведочные работы производятся по всем проектируемым сооружениям гидроузла. Если в пределах выбранного участка намечаются различные варианты компоновки сооружений, то изыскания должны осветить каждый из них.

4.25. На выбранном участке гидроузла разведочные выработки проходят по оси плотины и двум оконтуривающим поперечникам, располагаемым обычно в 50–100 м от оси плотины, в зависимости от ширины последней по основанию и сложности инженерно-геологических условий.

Расположение выработок на участке гидроузла должно обеспечить возможность построения инженерно-геологических и гидрогео-

логических разрезов в направлениях, параллельном и перпендикулярном оси плотины и других сооружений, а также проходящих через наиболее ответственные и характерные их участки.

4.26. Типы разведочных выработок, их диаметры, сечения, глубины и способы проходки определяются задачами, которые должны решаться при изысканиях.

4.27. Гидрогеологические исследования на первом этапе работ выполняются в объеме, позволяющем дать необходимую оценку гидрогеологических условий конкурирующих участков. На втором этапе (на выбранном участке) эти исследования выполняются более детально и должны дать обоснованные характеристики для основных проектных расчетов.

При проведении гидрогеологических исследований необходимо также исходить из следующих общих положений:

исследованиям подлежат только те водоносные горизонты, в которых при создании прудов может произойти существенное изменение режима, расходов и скоростей фильтрации, имеющих практическое значение для работы сооружений, для установления фильтрационных потерь и подпора грунтовых и напорных вод на участках в зоне влияния прудов;

нижней границей исследований должен являться водоупорный или относительно водоупорный пласт, практически ограничивающий область фильтрации. Если такой пласт отсутствует, а водопроницаемость грунтов уменьшается более или менее равномерно с глубиной, изучение гидрогеологических условий может быть ограничено глубиной 1,5-2 предполагаемых напора на гидроузле.

Если водопроницаемость грунтов с глубиной не уменьшается, то глубина изучения гидрогеологических условий на участках расположения бетонных частей сооружений может быть ограничена тройной, а на участках расположения земляных плотин - двойной величиной напора;

верхней границей изучения водопроницаемости и недостатка насыщения грунтов зоны аэрации в примыканиях плотины и бортах чаши пруда являются отметки, ниже которых возможно формирование подпора грунтовых вод;

гидрогеологические исследования береговых примыканий в грунтах слабоводопроницаемых могут быть ограничены шириной зоны развития рыхлых покровных отложений и выветрелых грунтов.

В грунтах средней водопроницаемости ширина полосы, подлежащей изучению, обычно не должна превышать величины 5–7 напоров у плотины (считая от НПУ). В породах сильноводопроницаемых в случае больших фильтрационных потерь воды в обход плотины, а также при подтоплении участков, прилегающих к гидроузлу, ширина зоны, подлежащей изучению, может достигать величины 40–50 напоров, а в карстовых районах может превышать эту величину.

В бортовых примыканиях долины необходимо выявление направления и величины уклонов грунтовых вод относительно русла водотока, положения точки пересечения линии НПУ с горизонтом грунтовых вод.

4.28. Коэффициенты фильтрации грунтов, залегающих в зоне влияния сооружений, на первом этапе исследований могут быть даны с некоторыми приближениями и характеризовать лишь основные слои. Для определения их выполняются пробные откачки из одиночных скважин и лабораторные определения. Только в случаях, когда выбор створа определяется какими-либо особыми гидрогеологическими условиями, на этом этапе могут проводиться более широкие исследования водопроницаемости.

4.29. На выбранном створе все основные слои грунтов, выделенные на геолого-литологических разрезах, за исключением заведомо водоупорных, должны быть охарактеризованы коэффициентами фильтрации.

Водоносные пласты опробуются откачками. Необводненные пласты могут быть опробованы опытными наливами и лабораторными исследованиями.

Число откачек или наливов для каждого пласта зависит от его мощности, площади распространения и степени водопроницаемости, а также от значения данного пласта для нормальной работы сооружения и принимается равным 3–5 опытам.

Если мощность пласта велика и есть основания ожидать изменения его водопроницаемости по глубине, необходимо опробовать его поинтервально. В грунтах хорошо водопроницаемых производятся кустовые откачки, которые дают более точные значения коэффициентов фильтрации.

4.30. Для определения относительной водопроницаемости скальных и полускальных пород производятся опытные нагнетания и наливы воды в скважины. Для приближенного определения коэффициентов фильтрации обводненных грунтов нагнетания могут выполняться в сочетании с откачками (в трех-четырех скважинах, испытанных нагнетаниями, не менее одной должно быть опробовано поинтервальными откачками из тех же интервалов).

Наиболее подробно следует опробовать нагнетаниями верхнюю часть основания сооружений и участка берегоных склонов, непосредственно примыкающих к плотине, с удельными водопоглощениями более 0,01–0,05 л/мин/м, что соответствует возможным контурам противофильтрационной завесы.

Ориентировочные объемы опытных фильтрационных исследований грунтов приводятся в прил.6.

4.31. Физико-механические свойства грунтов на первом этапе работ изучаются, главным образом, для установления классификации и общей оценки их состава, состояния и свойств и выполняются по возможности в незначительных объемах. На втором этапе работ физи-

ко-механические и прочностные свойства грунтов изучаются для каждого выделенного слоя. Количество определений физико-механических свойств грунтов устанавливается согласно СНиП II-16-76 в зависимости от степени однородности слоя по ГОСТ 20522-75 и ориентировочно составляет 6-12 определений по каждому слою в основании сооружений.

При оценке прочности скального и полускального основания необходимо учитывать степень трещиноватости грунтов и проводить исследования с учетом заполнителя трещин.

4.32. Полевые определения естественного состояния грунтов в целях выявления относительно более рыхлых (песчаных) и мягких (переувлажненных, иловатых, торфяных и глинистых) слоев на участках сооружений должны производиться путем динамического и статического зондирования, пенетрационно-каротажного метода, крыльчатого зондирования и прессиометрии (СНиП II-9-75).

Эти определения производятся по профилям и между ними с расстоянием между точками зондирования от 25-50 до 100 м в зависимости от сложности участка, размеров и ответственности сооружений.

4.33. Изучению петрографического состава следует подвергать преимущественно скальные и полускальные грунты. Объем этих исследований должен быть достаточным для определения наименования грунта, его генезиса, стратиграфического положения, сохранности и других важных признаков, необходимых для установления зависимости между их литолого-генетическими типами, физико-механическими, прочностными и деформационными свойствами.

4.34. Изучение химического состава грунтов выполняется для целей классификации и определения содержания водно-растворимых солей.

4.35. Комплекс лабораторных исследований физико-механических и прочностных свойств грунтов приводится в прил.7.

При лабораторных исследованиях грунтов следует руководствоваться требованиями СНиП II-I5-74, II-I6-76 и II-9-75.

4.36. Геофизические методы разведки позволяют приближенно решать следующие задачи:

определение границ распространения, глубин залегания и мощности грунтов, обладающих достаточно различающимися физическими характеристиками;

выявление зон повышенной трещиноватости, тектонических нарушений и карста;

в благоприятных условиях и при использовании соответствующих геофизических методов или их комплекса – определение условий залегания и распространения грунтовых вод, локальных и региональных водоупоров, литологического состава и мощности водовмещающих грунтов, водопроницаемости и некоторых физических свойств грунтов.

4.37. На участках гидроузлов при необходимости строительства вспомогательных сооружений на первом этапе изысканий специальные работы для них не производятся, а условия их строительных площадок оцениваются по данным инженерно-геологических изысканий, выполненных для основных сооружений.

Участки акваторий и защитных сооружений на прудах

4.38. На этих участках инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания должны выявить характеристики условий создания пруда – фильтрационные потери, подпор грунтовых вод и подтопление прилегающих территорий, переработку берегов, всплывание торфяников.

4.39. На первом этапе изысканий, в период работ по выбору участка гидроузла по площади пруда должны быть решены все вопросы, которые могут повлиять на выбор места расположения гидроузла.

Если при различных вариантах расположения гидроузла существенно меняются условия фильтрации из пруда, условия подтопления или переработки берегов на участках расположения народнохозяйственных объектов, то инженерно-геологические изыскания, необходимые для оценки этих условий, должны быть выполнены до выбора гидроузла. Все остальные исследования, от которых не зависит выбор участка гидроузла, могут выполняться в течение всего периода изысканий.

4.40. Изысканиями охватывается вся площадь пруда и прилегающие к ней территории, в пределах которых возможны подтопление и переработка берегов.

В зависимости от сложности природных условий и размеров площади съемки масштаб съемки принимается от I:25000 до I:5000 (прил.2).

4.4I. Изыскания для установления прогноза подпора грунтовых вод и переработки берегов производятся только на участках, где эти явления могут нанести ущерб хозяйству. В этих случаях должны решаться также вопросы охраны природы.

Эти участки выявляются по материалам инженерно-геологических изысканий первого этапа и начала второго этапа.

Для установления подпора грунтовых вод на выявленных участках выполняются следующие изыскательские работы:

инженерно-геологическая съемка в масштабе I:I0000-I:5000 (в зависимости от сложности строения участка, его размеров и характера объекта защиты); границы изысканий ограничиваются пределами распространения подпора грунтовых вод;

бурение скважин по поперечникам, направленным перпендикулярно берегу пруда; расстояния между поперечниками следует принимать 300-400 м, число скважин на каждом поперечнике зависит от ширины участка и особенностей объекта, но должно быть не ме-

нее трех; ближайшая к пруду скважина закладывается вблизи уреза, а самая дальняя – на предполагаемой границе распространения подпора. Опорные скважины доводятся до водоупора, а в случае глубокого залегания последнего – заглубляются на двойную величину напора в реке (по поперечнику), считая от уровня грунтовых вод. Остальные скважины следует располагать на 5–10 м ниже минимально низкого уровня грунтовых вод;

на каждом поперечнике производятся откачки из пластов различной водопроницаемости и опытные наливы в грунты зоны аэрации, которые после образования подпора окажутся обводненными (для этой зоны, ниже предполагаемого подпора, также изучается недостаток насыщения грунтов);

отдельные опорные скважины оборудуются для наблюдений за режимом уровня грунтовых вод; продолжительность этих наблюдений должна быть не менее I года.

4.42. На участках, где требуется инженерная защита от подтопления и затопления, выполняются следующие работы:

бурение скважин по трассам защитных дамб через каждые 200–300 м; часть скважин должна быть доведена до водоупора, а в случае глубокого залегания последнего – до глубины двухкратной величины напора в отворе реки, считая от уровня грунтовых вод;

опытные откачки на характерных участках проектируемого дренажа;

разведочные и опытные фильтрационные работы, необходимые для проектирования защитных дамб, а также поиски и разведка строительных материалов, потребных для возведения защитных сооружений.

4.43. Общая оценка переработки берегов по всему периметру пруда производится по результатам первой стадии изысканий. На участках, где переработка берегов может угрожать объектам на-

родного хозяйства и где проектируются защитные сооружения, производятся следующие работы, детальность которых определяется сложностью природных условий и характером защищаемого объекта;

инженерно-геологические исследования применительно к масштабу I:I0000-I:5000 берегового склона от уреза реки до границы возможного размыва берега в течение 25-30 лет;

нивелировка склонов в пределах полосы предполагаемого размыва по характерным поперечникам, обеспечивающая составление топографических профилей в масштабе I:2000 с расстоянием между поперечниками I00-300 м;

лабораторное определение физико-механических характеристик грунтов, слагающих берег.

Расположение выработок на поперечниках и их глубина должны обеспечивать возможность построения и обоснования детальных инженерно-геологических разрезов береговой полосы, в пределах которой в ближайшие 25-30 лет может иметь место переработка берега. Состав и объем разведочных работ устанавливается в зависимости от особенностей природных условий участков и намечаемых мероприятий.

4.44. Для оползневых участков производится специальный комплекс исследований, предусмотренный соответствующими руководствами. Все эти работы должны обеспечить составление прогноза устойчивости и переработки оползневого склона и дать необходимый материал для обоснования защитных мероприятий.

Строительные материалы

4.45. Поиски и разведка месторождений естественных грунтовых строительных материалов, необходимых для возведения земляных плотин и других сооружений на прудах, производятся, в основном, на стадии технического проекта.

4.46. На первом этапе изысканий выполняется поисковая разведка, позволяющая установить наличие в районе проектируемых гид-

роузлов необходимых запасов строительных материалов соответствующего качества и выявить условия их разработки применительно к требованиям категории "В", запасы которой должны превышать заявленную потребность примерно на 30–40%.

4.47. На втором этапе проводится детальная разведка месторождений применительно к выбранному объекту. Если месторождение в одинаковой степени пригодно для любого варианта расположения сооружений, разведка его может быть начата и при выборе объекта.

Детальная разведка производится с изучением строительных свойств и запасов применительно к категории "А", при которой разведанные запасы должны превышать заявленную потребность примерно на 20–25%.

4.48. Опробование месторождений строительных материалов и объем исследований представительных проб устанавливаются в соответствии с "Инструкцией по поискам, разведке и опробованию минеральных строительных материалов для гидротехнического строительства" И-36-66. (М.-Л., "Энергия", 1966) и СНиП II-53-73.

4.49. Все выработки, пройденные на объектах изысканий, должны быть нанесены на топографическую основу и иметь координаты и высотные отметки.

4.50. В качестве топографической основы при производстве изысканий и обработке материалов должны использоваться карты, применяемые при проектировании объектов.

4.51. В результате выполненных изысканий и использования имеющихся фондовых материалов, составляется сводная инженерно-геологическая и гидрогеологическая записка, которая входит в состав технического проекта.

В сводной записке освещаются следующие вопросы:

общие сведения по участку выполненных изысканий, геоморфологическая характеристика, геологическое строение, гидрогеологические

условия и расчеты, физико-геологические процессы и явления, инженерно-геологические условия, строительные материалы, выводы и рекомендации по обоснованию проекта.

В состав графических приложений входят: геолого-литологическая и гидрогеологическая карты участка пруда и сопутствующих сооружений с нанесением фактических материалов изысканий, геолого-литологические разрезы по оси плотины, верхнему и нижнему бьефам, водосбросным сооружениям, чаше пруда и другим вспомогательным и защитным сооружениям, данные по графической обработке результатов разведки карьеров стройматериалов, сводные табличные и расчетные материалы опытно-фильтрационных работ, лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов, химсостава и агрессивных свойств грунтовых и поверхностных вод.

Изыскания для обоснования рабочих чертежей

4.52. На стадии рабочих чертежей инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания производятся в целях уточнения материалов изысканий, выполненных под технический проект, а также, если в результате рассмотрения технического проекта были внесены в проект изменения, требующие дополнительных исследований.

4.53. Инженерно-геологические изыскания на стадии рабочих чертежей должны быть направлены на решение конкретных задач, возникающих в процессе проектирования и строительства сооружений. Для решения этих задач в состав разведочных и опытных работ желательно включать открытые выработки, позволяющие получать наиболее полные и достоверные инженерно-геологические материалы, а также проводить исследования физико-механических и несущих свойств грунтов оснований в их естественном залегании и на монолитах больших размеров.

4.54. На стадии рабочих чертежей может возникать необходимость дополнительных изысканий:

при переносе сооружений на новые участки, не обеспеченные достаточной инженерно-геологической информацией:

при необходимости детального расчленения сложного геологического разреза на участках примыкания плотин и других участках с целью выявления слабых прослоев грунтов, зон трещиноватости и выветривания, определяющих устойчивость береговых склонов и сооружений;

при составлении инженерно-геологической документации на основные строительные выемки и контроле за возведением сооружений.

4.55. При изысканиях для обоснования рабочих чертежей выработки проходятся только на тех участках, где необходимо уточнить данные, полученные на стадии технического проекта или в пределах контуров дополнительно запроектированных сооружений.

Вынос выработок за пределы этих контуров допускается только в отдельных случаях при необходимости решать какие-либо специальные вопросы, например, в связи с прогнозом режима грунтовых вод, уточнением распространения слабых грунтов, фильтрационных потерь и др.

4.56. Расстояния между выработками определяются в зависимости от сложности природных условий, типа и размера сооружений и величины напора на плотине.

4.57. Глубины разведочных и опытных выработок зависят от мощности так называемой "активной зоны", в пределах которой может сказываться влияние сооружения на грунты основания, от глубин заложения противофильтрационных, дренажных и других устройств, а также от мощности и глубин залегания водопроницаемых и водоупорных грунтов. Ориентировочные расстояния и глубины выработок приводятся в прил. 4.

4.58. Опытные фильтрационные работы на стадии рабочих черте-

кей проводятся с целью уточнения параметров противофильтрационных и дренажных устройств, строительного водопонижения и водоотлива.

4.59. Исследования физико-механических свойств грунтов следует выполнять в составе и объеме, необходимом для получения обоснованных расчетных характеристик. Наиболее полным исследованиям должны подвергаться те грунты, строительные свойства которых определяют размеры, конструкцию и глубину заложения сооружений, а также устойчивость откосов в котлованах и выемках.

4.60. Естественные строительные материалы, необходимые для возведения плотин и других сооружений, изучаются в основном на стадии технического проекта.

На стадии рабочих чертежей могут изучаться и уточняться лишь отдельные специальные вопросы строительных свойств или запасов, если они не могли быть в достаточной степени освещены на предыдущей стадии проектирования.

4.61. Состав материалов, представляемых для обоснования рабочих чертежей, порядок их оформления зависят от характера выполненных работ. Если для обоснования рабочих чертежей уточнялись только отдельные вопросы и при этом существенно изменилось представление об общих инженерно-геологических условиях участков сооружений, то по каждому из этих вопросов составляется отдельная записка с соответствующими приложениями.

Если на стадии рабочих чертежей проводились более полные исследования для уточнения технических решений и составлялась сводная записка по проектным проработкам, тогда инженерно-геологические материалы должны оформляться в виде отдельной главы, входящей в состав этой записки. В этой главе должны рассматриваться только те вопросы, которые ставились на данной стадии.

Изыскания для обоснования технорабочего проекта

4.62. Технорабочий проект прудов разрабатывается для технически несложных объектов, строительство которых осуществляется в простых природных условиях.

4.63. Основными критериями простых природных условий при проектировании прудов могут служить:

хорошая сохранность и малая водопроницаемость коренных пород и грунтов основания плотины и участков ее сопряжения с берегами долины;

малая мощность (до 3–4 м) покровных отложений в русловой части и на склонах долины, легко прорезаемая зубом либо удаляемая из-под сооружения;

благоприятные гидрогеологические условия – отметки депрессионной кривой грунтовых вод естественно дренированной долины превышают отметки НПУ, отметки уровней напорных вод не представляют опасности для сохранности дна и откосов в строительных котлованах;

отсутствие на участках строительства современных и древних погребенных оползней и других физико-геологических явлений, способных к оживлению в строительных выемках /см.прил.I/.

4.64. Состав и объемы изыскательских работ для обоснования технорабочего проекта прудов должны соответствовать требованиям для технического проекта и рабочих чертежей применительно к первой категории инженерно-геологической сложности.

4.65. Изыскания должны быть достаточными для выявления и изучения следующих вопросов:

инженерно-геологических и гидрогеологических условий основания и примыканий плотины к склонам и других участков сооружений гидроузла, акватории пруда, а также и защитных береговых сооружений;

фильтрационных потерь воды из пруда (в основании и обход плотины и в борта чаши);

прогноза подпора грунтовых вод, подтопления прилегающих к пруду территорий и переработки берегов;

характеристики запасов, условий разработки и физико-механических и прочностных свойств грунтов, используемых при строительстве плотин и других сооружений на прудах;

химсостава и агрессивности грунтовых и поверхностных вод.

4.66. При напоре на плотине до 5 м коэффициенты фильтрации принимаются преимущественно по лабораторным определениям или по аналогии с участками, на которых производились опытные работы, или по литературным (справочным данным).

5. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

5.1. Пруды проектируются на временных и малых водотоках, как правило, не изученных в гидрологическом отношении. При отсутствии наблюдений точность гидрологических расчетов косвенными методами (по формулам или картам) для малых рек значительно ниже, чем для средних и крупных рек, из-за сложности учета влияния азональных факторов стока, наиболее проявляющихся по мере убывания площади водосброса.

5.2. Виды и объемы полевых гидрологических работ, необходимые для обоснования проектных решений, устанавливаются в зависимости от изученности водотока и в результате предварительной оценки величины стока воды в намеченном створе, емкости чаши пруда, объема предполагаемого водопотребления и требуемой глубины регулирования.

5.3. В процессе выполнения подготовительных к изысканиям работ устанавливается степень изученности водотока, наличие водотоков-аналогов и выявляются вопросы, требующие уточнения при реког-

носцировочном обследовании и стационарных наблюдениях, составляются программа и смета на полевые и камеральные гидрологические работы.

5.4. На реках, имеющих данные гидрометрических наблюдений, позволяющие методом переноса надежно рассчитать гидрологические характеристики в створе плотины пруда, полевые гидрологические работы выполняются по сокращенной программе (вместо стационарных гидрометрических наблюдений проводится рекогносцировочное обследование).

5.5. Состав и объем полевых изысканий под технический или технорабочий проект пруда должны соответствовать составу расчетных гидрологических характеристик, необходимых для проектирования.

Для обоснования проекта пруда необходимы следующие сведения:

водохозяйственный паспорт реки;

экспериментальные значения уровня водотока;

норма годового стока изучаемого водотока;

изменчивость годового стока;

годовые расходы воды расчетной обеспеченности;

внутригодовое распределение стока по месяцам (декадам) для лет расчетной обеспеченности;

расчетные максимальные расходы воды;

объемы стока и гидрографы половодий и паводков;

расчетные минимальные 30-дневные и суточные летние и зимние расходы воды;

кривые расходов воды в нижнем бьефе;

расчетные уровни воды в нижнем бьефе;

ледовый режим водотока;

твердый сток (его характеристики);

гидравлические характеристики русла (коэффициент шероховатости);

химический состав и загрязнение воды (в разрезе года);

водохозяйственный баланс реки;

климатические данные (температура воздуха, осадки, ветер, испарение с суши и водной поверхности);

сведения о народнохозяйственном использовании реки (величины сбросов и водозаборов до расчетного створа);

5.6. В зависимости от степени гидрологической изученности данного гидрологического района и рассматриваемого водотока намечаются следующие виды полевых гидрологических работ:

рекогносцировочное обследование реки и ее бассейна, измерение единичных расходов воды для построения кривой $Q = f(H)$ в нижнем бьефе пруда;

взятие проб взвешенных наносов на мутность;

взятие проб донных отложений на механанализ;

стационарное наблюдение за уровнями и расходами воды, твердым стоком продолжительностью не менее года на водотоках;

взятие проб воды на химический анализ;

взятие проб на бактериологический анализ.

5.7. Рекогносцировочное обследование реки является очень важным, а часто основным видом гидрологических изысканий для проектирования прудов, на основании которого принимают гидрографические характеристики бассейна и проверяется правильность принятых расчетных гидрологических характеристик. Его следует приурочить к половодью (паводкам); если рекогносцировка происходила в межень, то для освещения амплитуды следует выезжать специально в половодье.

5.8. В состав рекогносцировочного обследования входит: определение гидравлических характеристик водотока, сбор опросных сведений об уровенном и ледовом режиме, оценка устойчивости русла, уточнение (при необходимости) границы водосборной площади и физико-географических характеристик бассейна, обследование и сбор

сведений о водохозяйственном использовании водотока (лесосплав, рыбное хозяйство, водный транспорт, сбросы и водозаборы).

5.9. При проведении рекогносцировочного обследования следует руководствоваться инструкцией "Гидрологические наблюдения на реках и озерах" (Л., Гидрометеоиздат, 1973).

5.10. Гидрологические характеристики водотока определяются на участке орошения, а также на участке ближайшего к проектируемому пруду населенного пункта. У населенного пункта исследования выполняются с целью сбора опросных данных и уточнения определенных на участке сооружения меток высоких вод.

5.11. В створе гидроузла и у населенного пункта нивелируются поперечные профили долины до незатопляемых отметок, производятся промеры глубин русла, измеряются вертушкой точечным способом расходы воды и уклоны водной поверхности, составляется подробное описание долины и русла для выбора коэффициента шероховатости.

Для построения кривой $Q=f(H)$ для данного створа расходы воды измеряются по всей амплитуде колебания уровней. Наиболее подробно следует освещать период высоких вод (половодье, дождевые паводки)и низких вод (летняя и зимняя межень).

5.12. Поперечные профили реки в створе гидроузла: характерные уровни воды, установленные по отметкам и показаниям старожилов; уровни воды при измерении расходов воды в этом створе должны быть привязаны к системе высот топосъемки площадки гидроузла.

5.13. Рекогносцировочное обследование бассейна реки производится, если необходимо:

уточнить границы водосборной площади и бессточных понижений;

установить наличие карстовых явлений;

отметить места пропуска паводочного стока под железнодорожными насыпями, шоссейными дорогами, гатями;

отметить изменения в величине залесенности и распаханности бассейна, в качестве воды прудов и водохранилищ, происшедшие со

времени составления карты данной территории (для водосборов площадью до 50–100 км^2).

5.14. Для выявления современного водопотребления и водоотведения необходимо собрать сведения о всех потребителях и водопользователях в пределах бассейна. Сбор сведений целесообразно начинать в областных организациях:

в бассейновых территориальных управлениях по регулированию, использованию и охране вод или в их подразделениях;

в облводхозах или других организациях, занимающихся эксплуатацией оросительных, осушительных систем и других водохозяйственных объектов;

в отделах малых рек и водоемах при облисполкомах.

5.15. При наличии водохозяйственного паспорта бассейна реки сведения принимаются согласно паспорту.

В противном случае сведения собираются в объеме, необходимом для составления водохозяйственного паспорта, в соответствующих организациях.

5.16. Величина водопотребления и водоотведения принимается согласно фактическим данным, а при их отсутствии – по действующим нормам.

5.17. Наблюдения за уровнем воды на водомерных постах производят для переноса в данный створ многолетних наблюдений опорной сети.

5.18. На водомерных постах "нуль поста" привязывают нивелировкой к опорной геодезической сети или к высотной сети топографической съемки площадки гидроузла. Высотные отметки постовых устройств и "нуль поста" должны быть в единой системе высот с проектируемым прудом.

5.19. Наблюдения на водомерных постах, а также выбор створа, оборудование и документация выполняются согласно инструкциям "Гид-

рологические наблюдения на постах", вып. 2, ч.II., 1975, "Гидрологические наблюдения и работы на реках", вып.6, ч.I (Л., Гидрометеоиздат, 1978).

В зависимости от специфики проектируемого пруда и местных гидрологических условий в состав работ на водомерном посту, предусмотренных наставлением, могут быть занесены необходимые изменения и дополнения.

5.20. Расходы воды измеряют: для определения годового стока реки и его распределения внутри года; характерных расходов воды (снеговых, ливневых максимальных расходов в створе проектируемой плотины, минимальных); построения кривой расходов ($Q=f(H)$), на основании которой определяются характерные расчетные уровни воды реки в нижнем бьефе плотины.

5.21. В зависимости от гидрологического режима водотока, его изученности и назначения проектируемого пруда организуют гидрометрические станции с систематическими измерениями или гидрометрические створы с эпизодическими измерениями на них расходов воды.

5.22. Для определения коэффициента шероховатости русла и поймы, необходимого для экстраполяции кривой расходов, построения кривых подпора и др., следует одновременно с расходом воды измерять уклон водной поверхности (на участке, охватывающем перекат и плес, или с падением не менее 0,5 м).

5.23. В зимний период при наличии ледовых явлений расходы воды измеряют через равные промежутки времени независимо от изменения уровней воды. В период замерзания и очищения реки ото льда расходы воды измеряют чаще для более точного определения зимних коэффициентов.

5.24. При деформирующемся русле или зарастании его количество измерений расходов увеличивается и устанавливается в каждом конкретном случае отдельно в зависимости от местных условий.

5.25. Выбор места гидроствора, разбивку створа и его обследование, выбор способа измерения расходов воды производят согласно инструкции "Гидрологические наблюдения и работы на реках", вып. 6, ч.I (1978) или по специально составленной для данных условий программе.

5.26. Сведения о твердом стоке реки необходимы для расчета заиления пруда и характеристики деформации русла в нижнем бьефе плотины, в особенности в районах с большой эррозионной деятельностью.

В результате измерения твердого стока определяют:

мутность воды;

годовой объем взвешенных наносов;

годовой объем влекомых наносов;

гранулометрический состав наносов;

внутригодовое распределение стока взвешенных и влекомых наносов.

5.27. Изучение твердого стока производится согласно инструкции "Гидрологические наблюдения на постах", ч.II, 1975 и "Гидрологические наблюдения и работы на реках", вып.6, ч.I (1978).

5.28. Ледовый режим изучают по установленной программе для водомерного поста. При отсутствии стационарных наблюдений на водпосту изучение ледовых явлений ограничивается измерением толщины льда перед вскрытием реки и сбором опросных данных.

5.29. Химический состав воды определяют для того, чтобы выяснить пригодность ее для обводнения, орошения, хозяйственно-бытовых нужд и для оценки агрессивных свойств на бетон и железобетон сооружений гидроузла.

6. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

6.1. Гидрологические расчеты выполняются в соответствии с "Указаниями по определению расчетных гидрологических характеристик" СН 435-72 (Л., Гидрометеоиздат, 1972).

6.2. В зависимости от конкретных условий и наличия информации о режиме реки в районе (на участке) строительства пруда используются следующие приемы расчетов гидрологических характеристик:

при наличии данных гидрометрических наблюдений - непосредственно по этим данным;

при недостаточности данных гидрометрических наблюдений - путем приведения их к многолетним характеристикам по рекам-аналогам с более длинным рядом наблюдений;

при отсутствии гидрометрических наблюдений - косвенными методами по формулам и картам, основанным на обобщении совокупности данных наблюдений всей сети гидрометрических станций, расположенных в однородном по условиям формирования стока районе или по данным наблюдений на реках-аналогах.

6.3. В случаях, когда гидрологические расчеты производятся по данным непосредственных наблюдений на изучаемой реке или опираются на данные наблюдений на реках-аналогах, следует произвести анализ исходных материалов наблюдений, причем длина ряда гидрологических наблюдений должна соответствовать требуемой точности определения расчетных параметров.

6.4. В случаях, когда пруд проектируется на изученной или недостаточно изученной реке, площадь водосбора которой в створе наблюдений и в створе проектируемого пруда отличается не более чем на ± 20-30%, расчеты выполняют для створа наблюдений согласно СН 435-72 и переносят в створ плотины методом переноса.

6.5. Для рек, на которых ведутся наблюдения за стоком, но площадь водосбора в створе наблюдений значительно отличается от площади водосбора в расчетном створе, гидрологические расчеты выполняются приемами, указанными в п.6.2, как для неизученных рек.

6.6. При гидрологических расчетах особое внимание уделяется правильному и наиболее полному использованию данных кратковременных гидрологических наблюдений (1-2 года), выполненных для обоснования проекта пруда, к их использованию следует подходить крайне осторожно.

В районах, слабо изученных гидрологически, а также при проектировании прудов на водотоках с площадью водосбора менее 50 км^2 при отсутствии или недостаточности данных наблюдений допускается вести гидрологические расчеты по региональным формулам, утвержденным Министерством мелиорации и водного хозяйства СССР.

Расчеты годового стока при отсутствии гидрометрических наблюдений

6.7. Норма годового стока и коэффициент изменчивости определяются по интерполяции между данными наблюдений на реках данного физико-географического района с учетом влияния местных факторов стока (наличие карста, выходов подземных вод, пересыхания и промерзания реки и т.д.) или по картам среднего годового стока и картам изменчивости годового стока.

6.8. Полученные результаты анализируются совместно с данными кратковременных наблюдений, выполненных для обоснования пруда, для чего:

а) строятся график соответственных (годовых, сезонных, среднемесячных) расходов воды за совместный период наблюдений на реках-аналогах и в изучаемом створе. По графику определяется средний многолетний годовой расход в расчетном створе;

б) вычисляется норма годового стока по формуле :

$$Q = Q_i \frac{Q_0 \alpha}{Q_i \alpha}, \qquad (6.I)$$

где Q_i - средний годовой расход за период совместных наблюдений;

в) определяется обеспеченность P% годового стока реки-аналога каждого года совместных наблюдений, рассчитываются равнообеспеченные расходы в створе плотины, которые сопоставляются с наблюдениями и вычислениями по п.6.6.

После полученных различными приемами величин в качестве расчетной принимают наименьшее значение нормы годового стока при надлежащем ее обосновании.

Расчет внутригодового распределения стока

6.9. Внутригодовое распределение стока чаще всего рассчитывается методом компоновки, при котором распределение стока принимается из условия равенства вероятности превышения стока за год, стока за лимитирующий период и внутри его за лимитируемый сезон. При этом сток за нелимитирующий период определяется по разности величин стока за год и за лимитирующий период, а сток нелимитирующего сезона - по разности величин стока за лимитирующий период и за лимитирующий сезон.

6.IO. В зависимости от типа внутригодового режима сток каждого водохозяйственного года делится на три сезона.

Лимитирующий период и лимитирующий сезон назначаются в зависимости от преобладающего вида использования стока.

При сезонном регулировании стока и, если пруд предназначен для орошения, за лимитирующий период принимается весна и поливной период, а за лимитирующий сезон - поливной период.

При сезонном регулировании стока и использовании прудов на орошение и водоснабжение за лимитирующий период принимаются лето-осень и зима, а лимитирующий сезон - зима.

6.II. Внутрисезонное распределение стока по месяцам принимается осредненным для каждой группы лет определенной водности рассматриваемого сезона.

Особое внимание при этом уделяется совпадению расчетных минимальных расходов воды заданной обеспеченности с соответствующими расходами по внутригодовому распределению.

6.I2. Пользоваться расчетными данными внутригодового распределения стока изученных рек и районными осредненными схемами, опубликованными в справочниках "Ресурсы поверхностных вод СССР", для обоснований прудов, используемых для орошения, нельзя, так как в них в качестве лимитирующего сезона принята зима.

Расчет максимальных расходов воды и гидрографов максимального стока

6.I3. В зависимости от способа формирования, максимальные расходы воды делятся на расходы весеннего половодья и расходы дождевых паводков. Способы расчета этих величин различны.

Расчеты производятся согласно рекомендациям СН 435-72 и "Руководству по определению расчетных гидрологических характеристик".

6.I4. При отсутствии или недостаточности гидрометрических наблюдений расчеты выполняются по эмпирическим формулам несколькими приемами. Параметры формул и расчетные значения гидрологических характеристик принимаются:

по рекомендациям СН 435-72, картам изолиний ГГИ и региональным формулам, утвержденным Минводхозом СССР;

по рекомендациям, приведенным в "Ресурсах поверхностных вод СССР";

по рекам-аналогам.

6.I5. Вычисленные максимальные расходы сопоставляются с расходами, определенными по кривой $Q=f(H)$, при максимальных уровнях воды, наблюденных на водомерном посту кратковременного действия или по меткам высоких вод в опросу старожилов.

6.16. Слой (объемы) стока весеннего половодья и дождевого паводка расчетных обеспеченностей, а также гидрографы половодья (паводка) рассчитываются методами, рекомендуемыми СН 435-72 ("Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик").

6.17. Расчетные гидрографы строятся по равнообеспеченным значениям объемов половодья (паводков) и максимальных расходов.

6.18. Гидрографы половодья строятся по среднесуточным расходам. Среднесуточный максимальный расход вычисляется путем деления расчетного расхода на коэффициент K_T, определяемый по соответствующей таблице, приведенной в "Руководстве по определению расчетных гидрологических характеристик". Для рек, у которых максимальный расход половодья более чем в 1,5 раза превышает максимальный среднесуточный расход, дополнительно строится гидрограф внутрисуточного хода стока половодья.

6.19. Гидрографы паводков для рек с площадями водосборов менее 200 км^2 строятся по мгновенному максимальному расходу (при наличии данных).

6.20. Гидрографы половодья и гидрографы дождевых паводков малых рек строятся по уравнению, при наличии данных, по реке-аналогу, - по модели.

Расчет минимальных расходов

6.21. Минимальные расчетные расходы воды определяются для зимнего и летне-осеннего периодов. В гидрологическом обосновании проекта пруда приводятся минимальные среднесуточные и 30-дневные (среднемесячные) расходы различной обеспеченности (вероятности превышения) зимнего и летне-осеннего периодов.

6.22. Расчет минимальных расходов воды малых рек при отсутствии или недостаточности наблюдений производится по уравнению или методом аналогии с обязательной привязкой по данным кратковременных гидрометрических наблюдений или измерений единичных расхо-

дов воды в исследуемом створе, с последующим критическим анализом результатов расчета по материалам полевого рекогносцирования реки.

Расчет стока наносов

6.23. При определении объема (расхода) твердого стока следует руководствоваться "Указаниями по расчету стока наносов. ВСН 01-73 Главгидрометслужба" (Л., Гидрометеоиздат, 1974), "Указаниями по расчету заиления водохранилищ при строительном проектировании" (Л., Гидрометеоиздат, 1973) и "Инструкцией по расчету гидрологических характеристик при проектировании противоэррозионных мероприятий", дополняющей ВСН 01-73 по вопросам определения смыва почв со склонов площадью $F < 2$ км^2 талыми дождевыми водами.

6.24. Величину стока влекомых наносов в долях от стока взвешенных наносов рекомендуется принимать в соответствии с рекомендациями в "Ресурсах поверхностных вод СССР". При отсутствии таких рекомендаций для малых равнинных рек допускается величину этой доли принимать:

для лесной и лесостепной зоны – 10%,

для степной зоны – 20%,

внося коррективы с учетом степени распаханности водосборов.

Расчет испарения с водной поверхности и поверхности суши

6.25. При определении испарения с водной поверхности необходимо руководствоваться "Указаниями по расчету испарения с поверхности водоемов". (Л., Гидрометеоиздат, 1969).

6.26. Расчет испарения с суши выполняется в соответствии с "Методическими указаниями № 67 по расчету испарения с почвы, воды и снега". (Л., Гидрометеоиздат, 1961).

6.27. Максимальные скорости ветра различных направлений следует определять в соответствии с "Руководством по расчету параметров ветровых волн". (Л., Гидрометеоиздат, 1969).

7. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ

А. Общие положения

7.1. При выполнении водохозяйственных расчетов наряду с данным руководством необходимо соблюдать требования соответствующих строительных норм и правил.

7.2. Водохозяйственные расчеты прудов в составе проекта выделяются самостоятельным разделом.

7.3. При оценке использования водных ресурсов для проектирования прудов ирригационного назначения должны учитываться:

водохозяйственный баланс по источнику с прогнозом на 15-20 лет;

требования к качеству воды, предъявляемые потребителями;

качественные и количественные характеристики наносов, их режим, устойчивость берегов;

требования санитарных органов, рыбоохраны и органов по регулированию использования и охраны вод;

достаточность водных ресурсов оценивается с учетом обеспечения ниже места водоотбора гарантированного расхода воды, необходимого в каждом сезоне года для удовлетворения потребности в воде нижерасположенных населенных пунктов, промышленных предприятий, сельского хозяйства, рыбного хозяйства и других видов водопользования, а также санитарных требований по охране источников водоснабжения;

требования "Инструкций о порядке согласования и выдачи разрешения на специальное водопользование Минводхоза СССР".

7.4. По продолжительности периода различают следующие виды регулирования стока:

суточное регулирование, состоящее в перераспределении по часам суток практически равномерного суточного стока соответственно неравномерному водопотреблению q;

недельное регулирование, означающее перераспределение в течение недели практически равномерного стока соответственно нормальному водопотреблению в рабочие дни и пониженному – в нерабочие;

сезонное (годовое) регулирование, состоящее в перераспределении стока из многоводных сезонов на маловодные. Условием сезонного регулирования является соотношение

$$W_p \geq R_{бр},$$

где W_p – объем годового стока заданной вероятности превышения, соответствующий заданной обеспеченности водоотдачи пруда;

$R_{бр}$ – водоотдача пруда брутто.

При $W_p = R_{бр}$ имеет место полное годовое регулирование стока; многолетнее регулирование стока, состоящее в пополнении стока отдельных маловодных лет и маловодных периодов за счет стока многоводных лет. При многолетнем регулировании имеет место соотношение

$$R_{бр} \geq W_p.$$

7.5. Водохозяйственные расчеты прудов выполняются с использованием материалов ТЭО, схемы или ТЭДа развития мелиораций хозяйства, области или бассейна реки. Детальность водохозяйственных расчетов определяется стадией проектирования.

На стадиях технического или техноробочего проекта водохозяйственные расчеты прудов проводятся в зависимости от степени гидрологической изученности водотока:

при наличии длительных гидрометрических наблюдений – по гидрометрическим рядам;

при отсутствии или недостаточности гидрометрических наблюдений – обобщенными статистическими методами или по искусственным гидрометрическим рядам.

При этом по графикам $h_н = f(H_{max}, W_{по})$ устанавливается отметка НПУ пруда, а расчет режима его работы и уточнение полезной водоотдачи производятся по месячным интервалам времени для расчетных лет (при сезонном регулировании стока) или по сезонным интервалам за период сработки пруда (при многолетнем регулировании).

Расчеты трансформации максимальных расходов половодий и паводков выполняются детальным методом путем построения расчетных гидрографов согласно требованиям СН 435-72.

7.6. Расчетные максимальные расходы воды определяются согласно СН 435-72 "Указания по определению расчетных гидрологических характеристик" (табл.7.I).

Таблица 7.I

Класс капитальности сооружений	Ш	IУ
Расчетная ежегодная вероятность превышения, Р%	0,5	I

Расчетный гидрограф половодий и паводков должен как по максимальному расходу, так и по объему соответствовать расчетной обеспеченности.

7.7. Расчетная обеспеченность водоотдачи из проектируемых прудов принимается в соответствии со СНиП II-3I-74, ч.II, гл.3I "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения". М., I976, в зависимости от требований бесперебойности подачи воды потребителям согласно табл.7.2.

Таблица 7.2

Категория надежности подачи воды	Обеспеченность среднемесячных или среднесуточных расходов воды поверхностных источников, %
I	95
II	90
III	85

Для систем орошения установлена III категория надежности.

7.8. В соответствии с разъяснениями Госстроя СССР указанная в табл.7.2 расчетная обеспеченность отдачи источника является предельной,соответствующей зоне недостаточного увлажнения. В зоне избыточного и переменного увлажнения в соответствии с "Руководством по проектированию осушительных и осушительно-увлажнительных систем" расчетная обеспеченность отдачи источников орошения принимается равной 75%.

К зоне недостаточного увлажнения относятся территории с минимальными 30-дневными модулями стока, равными и менее 0,5 л/с км^2 (СН 435-72, табл.12).

7.9. Принятие в проекте другой расчетной обеспеченности отдачи источника должно быть обосновано технико-экономическими расчетами.

Принимаемая обеспеченность относится не к величине речного стока, а к водохозяйственному результату регулирования - гарантированной годовой отдаче пруда.

7.10. При проектировании пруда комплексного назначения для обеспечения двух потребителей, требующих различную обеспеченность, например 75 (80,85) и 95% с пониженной обеспеченностью 75 (80,85%), удовлетворяются оба потребителя. Количество воды, подаваемой с по-

вышенной обеспеченностью (95%), равно полной потребности второго потребителя плюс урезанная на 20-25% потребность первого потребителя.

7.II. После выявления водопотребности обоих потребителей строится суммарный график необходимых расходов воды (или дефицитов ее), привязанный к конкретному створу водоисточника. При этом дается график потребности с учетом потерь на трассе к потребителю.

Обеспеченные суммарные графики водопотребления согласовываются с участниками комплекса и являются исходной основой для водохозяйственных расчетов и регулирования стока.

7.I2. В водохозяйственных расчетах учитывается необходимость сохранения санитарных расходов в водоисточнике в соответствии с водным законодательством, действующим в союзной республике.

Размер санитарного сброса в пределах каждой союзной республики принимается по согласованию с Минводхозом республики, а также с учетом требований "Руководства по определению минимально доступных расходов воды в реках для охраны природы". М.,I98I.

7.I3. Объем санитарных сбросов, как правило, не включается в полезную водоотдачу прудов. Если же объемы санитарных сбросов включены в полезную водоотдачу прудов, то при определении оросительной способности прудов они вычитаются из водоотдачи нетто.

7.I4. На постоянных водотоках с обязательным санитарным попуском в период половодий и паводков допускается задержание в прудах не более 80% объема расчетного половодья или паводка 95%-ной обеспеченности.

7.I5. Основными показателями регулирования стока являются:

отдача нетто (Рн) - количество воды, получаемое из прудов за год при заданной обеспеченности и объеме пруда;

отдача брутто (Рбр) - полезная водоотдача в сумме с потерями воды ($W_{пот}$) из пруда за год;

коэффициент регулирования стока нетто $\alpha = \frac{R_н}{W_0}$,

где W_0 – среднемноголетний объем годового стока в створе сооружения пруда;

коэффициент регулирования стока брутто $\alpha_{бр} = \frac{R_н + W_{пот}}{W_0} = \frac{1}{\varphi}$;

коэффициент емкости пруда $\beta_п = \frac{V_п}{W_0}$,

где β – относительная полезная емкость пруда или коэффициент емкости пруда;

$V_п$ – полезный объем пруда;

$\varphi = \frac{W_{пот}}{R_н}$ – коэффициент потерь.

Б. Исходные данные для водохозяйственных расчетов

7.16. Для выполнения водохозяйственных расчетов прудов основными исходными данными являются:

а) батиграфические кривые (кривые объема и площадей)

$$V = f(H) \quad и \quad F_з = f(H).$$

При проектировании прудов допускается построение статических кривых объемов, соответствующих горизонтальному положению уровня воды в случаях значительного превышения высоты подпора над амплитудой колебания естественных уровней в реке.

Топографической основой для построения кривых $V = f(H)$ и $F_з = f(H)$ служат крупномасштабные топографические карты или материалы специальных топографических съемок: экстраполяция кривой $F = f(H)$ выше границы съемки допускается по тенденции не более 20% глубины пруда;

б) гидрометеорологические характеристики бассейна реки:

норма годового стока, коэффициент вариации и асимметрии годового стока;

внутригодовое распределение стока по сезонам и месяцам для среднего, многоводного, среднемаловодного и засушливого года или за все годы расчетного периода;

минимальные 30-дневные расходы воды летнего и зимнего периода в средние, сухие и засушливые годы за летний и зимний периоды;

максимальные расчетные расходы весенних половодий и дождевых паводков, соответствующие классу капитальности сооружений;

расчетные гидрографы половодий и паводков;

среднее и расчетное количество атмосферных осадков по месяцам и за год;

среднее и расчетное испарение с водной поверхности и суши по месяцам и за год;

расчетные отметки уровней воды в естественных условиях (максимальные и минимальные различной обеспеченности);

средние месячные и годовой расходы взвешенных влекомых наносов;

максимальная мутность воды в половодье, летнюю и зимнюю межень;

гранулометрический состав взвешенных и влекомых наносов в половодье, летнюю и зимнюю межень;

толщина льда по декадам в реке и в пруду в суровую зиму;

кривая зависимости расходов воды от уровней воды в створе плотины;

химический и бактериологический состав речной воды;

розы ветров при максимальных скоростях по 8 румбам для ближайшей к пруду метеостанции;

расчетные скорости ветра заданной вероятности превышения по 8 румбам.

Для изучения в гидрологическом отношении рек приводятся:

графики колебаний ежедневных уровней воды по ближайшему водпосту за многоводный, средневодный и маловодный годы;

кривые обеспеченности максимальных уровней весенних полово-

ций и дождевых паводков, минимальных летних и зимних уровней;

кривые обеспеченности средних годовых расходов воды;

кривые обеспеченности максимальных расходов весенних половодий и дождевых паводков;

гидрографы наблюденных наивысших половодий и паводков по ближайшему гидроствору;

в) гидрогеологические характеристики, позволяющие оценить суммарные потери воды на фильтрацию через ложе пруда;

г) объемы и графики водопотребления на орошение и требования, предъявляемые другими водопотребителями и водопользователями к водоисточникам.

При расчете прудов по гидрометрическим рядам водопотребление на орошение учитывается изменяющимся по годам в зависимости от гидрометеорологических условий года.

7.17. Объем пруда определяется суммированием объемов отдельно слоев воды, заключенных между смежными горизонталями

$$V=\frac{1}{3}(F_1+\sqrt{F_1\cdot F_2}+F_2)\Delta h. \qquad (7.1)$$

7.18. Дополнительные потери на испарение с поверхности пруда определяются разностью слоев испарения с водной поверхности ($E_{в.п}$) и с суши (E_c) с учетом изменения запасов влаги (ΔW).

$$E_д = E_{в.п} - E_c \pm \Delta W. \qquad (7.2)$$

За многолетний период $\Delta W=0$

и $$\bar{E}_c = \bar{E}_{в.п} - \bar{E}_c = \bar{E}_{в.п} - \bar{x} + \bar{y}, \qquad (7.3)$$

где x – норма осадков;

y – норма годового стока.

Уравнение (7.3) служит для расчета средних за многолетие расчетных дополнительных потерь на испарение из проектируемых прудов.

При определении дополнительных потерь на испарение в расчетный по водности год обеспеченность испарения с водной поверхности

приближенно вычисляют как дополнение до 100%-ной обеспеченности речного стока.

$$P_{\varepsilon} = 100 - P_y \,, \qquad (7.4)$$

а обеспеченность осадков P_x и речного стока P_y принимается одинаковой.

При проектировании прудов сезонного регулирования стока, испарение с водной поверхности, осадки и сток учитываются за период от наполнения до сработки пруда.

7.19. Расчет суммарных потерь на фильтрацию при водохозяйственных расчетах на стадиях схем, ТЭДов проводят в зависимости от гидрогеологических условий по данным проектов-аналогов или приближенно по рекомендациям Я.Ф.Плешкова (табл.7.3).

Таблица 7.3

Норма потерь на фильтрацию при расчетах прудов (по Я.Ф.Плешкову)

Гидрогеологические условия	Слой за год	% от среднего объема	
		за год	за месяц
Хорошие	0-50	5-10	0,5-1
Средние	50-100	10-20	1-1,5
Плохие	100-200	20-40	1,5-3

Хорошие гидрогеологические условия соответствуют случаю, когда ложе пруда водонепроницаемое, а уровень грунтовых вод на участке залегает выше отметок подпорных уровней.

Средние условия характеризуются малопроницаемыми грунтами ложа, грунтовые воды находятся выше уровня мертвого объема.

При плохих гидрогеологических условиях ложе пруда сложено водопроницаемыми грунтами, имеется отток из пруда на питание грунтовых вод.

На стадиях ТЭО, технического или технорабочего проекта фильтрационные потери определяются по данным изысканий и гидрогеологических расчетов при различных горизонтах воды в пруду и представляются в виде зависимости фильтрационных потерь (в $м^3/с$ или мм/сут) от горизонта воды в пруду. Указанные зависимости строятся для условий установившегося режима работы пруда.

При рассмотрении в проекте вариантов устройства противофильтрационных мероприятий потери на фильтрацию определяются также и для этих вариантов.

7.20. Потери на ледообразование учитываются при режиме работы пруда в течение всего года. Объем воды, заключающийся в осевшем ледяном покрове $W_л$, определяется по формуле 7.5.

$$W_л = 0{,}9\,(F_н - F_к)\,h_л, \qquad (7.5)$$

где $F_н$, $F_к$ – начальная и конечная площади зеркала пруда за период оседания льда на берегах;

$h_л$ – средняя толщина льда за период оседания его на берегах.

При многолетнем регулировании стока годовая полезная отдача уменьшится на величину

$$W'_л = \frac{W}{n+t}, \qquad (7.6)$$

где n – число лет сработки многолетней емкости пруда (при сезонном регулировании $n = 0$);

t – продолжительность низкого стока в долях года, принятая при расчете сезонной емкости.

При отсутствии данных о средней толщине льда за период его оседания на берегах допускается принимать:

$$h_л = 0{,}67\,h_{л.макс}. \qquad (7.7)$$

7.21. Расчеты заиления прудов производятся в соответствии с "Указаниями по расчету заиления водохранилищ при строительном проектировании" (Л., Гидрометеоиздат, 1973).

Срок службы прудов ирригационного назначения определяется в 20–30 лет.

Кроме учета заиления пруда, мертвый объем $V_м$ и отметка УМО назначаются с учетом следующих условий:

УМО должен быть выше минимальных расчетных уровней (летнего и зимнего) 85–95%-ной обеспеченности;

УМО назначается с учетом требований, предъявляемых условиями водозабора из пруда рыбным хозяйством и другими водопотребителями.

В. Водохозяйственные расчеты изолированных прудов по данным гидрометрических наблюдений

7.22. Водохозяйственные расчеты прудов при наличии длительных гидрометрических наблюдений допускается выполнять следующими способами:

графическими;

таблично-цифровыми.

7.23. Графические расчеты выполняются путем построения интегральных кривых стока и водопотребления в прямоугольных или косоугольных координатах.

При длительном ряде лет применяются сокращенные или разностные интегральные кривые.

7.24. По разностной интегральной кривой решаются следующие задачи:

а) при заданном зарегулированном расходе брутто определяется наибольший необходимый полезный объем пруда; эта задача решается следующим методом: по всем годам имеющегося гидрометрического ряда проводятся расчеты для заданного постоянного расхода меженного водопотребления брутто. В каждом году определяются наибольшие необходимые емкости пруда, которые затем статистически обра-

батываются. Необходимая емкость для обеспечения требуемой водоподачи с вероятностью P% снимается с кривой $V_{полез}=f(P)$ по абсциссе 100-р;

б) при заданном полезном объеме пруда вычисляется его водоотдача, для чего строится зависимость водоотдачи брутто ($q_{бр}$) от полезной емкости пруда ($V_{полезн}$), т.е. $q_{бр}=f(V_{полез})$. Эта зависимость служит водохозяйственной основой для выбора регулирующей емкости пруда.

7.25. Табличные расчеты регулирования стока выполняются одним из методов:

расчета по всему имеющемуся длительному ряду стока;

расчета по выбранному расчетному периоду и расчетному ряду лет;

расчета по году заданной обеспеченности (при сезонном регулировании стока).

7.26. Расчетный период должен характеризовать основные особенности стока источника водоснабжения и не быть чрезмерным для выполнения проектных работ.

Длительные гидрометрические ряды (более 50-60 лет) при расчетах следует ограничивать, а короткие (до 10-15 лет) - удлинять по связям с аналогами не менее чем до 25-30 лет.

7.27. Расчетный период должен быть характерным, для чего используется теоретическая кривая обеспеченности годовых ($Q=f(P$) величин стока, построенная по параметрам всего ряда. На кривую $Q=f(P)$ наносятся точки наблюденного стока за все годы. Точки лет расчетного периода должны располагаться близко к теоретической кривой и сравнительно равномерно по ее длине, чем подтверждается отсутствие резких отклонений в коэффициентах асимметрии короткого и длинного периодов.

7.28. Если средний сток принятого короткого периода несколько отличается от нормы, то расхождение устраняется путем введения поправочного коэффициента, вычисленного путем соотношения стока нормы и выбранного периода.

7.29. Если расчеты производятся по данным о стоке за ограниченный период, то его характерность (по норме C_s, C_v) проверяется по стоку реки-аналога за многолетие, включающее указанный период. Если имеющийся период нетипичен, из него исключается часть лет в начале или конце или добавляются годы, срок которых определяется по связи с аналогом. При этом изменение длительности имеющегося ряда производится так, чтобы расчетный ряд удовлетворял указанным выше условиям.

Оценка репрезентативности имеющегося ряда наглядно характеризуется по интегральной кривой стока.

7.30. При сезонном регулировании стока наряду с расчетным периодом выбираются также расчетные годы.

В качестве характерных лет выбираются водохозяйственные годы (от жесткого для всех лет календарного начала половодья до конца межени);

маловодный с заданной обеспеченностью стока P%;

средний (норма) или близкий к нему;

многоводный с обеспеченностью 5,10 и 20% в зависимости от технических и хозяйственных условий.

Эти годы выбираются из имеющегося гидрометрического ряда так, чтобы обеспеченность стока за год, межень и лимитирующий сезон была равна или близка к заданной. Методика выбора расчетных лет должна удовлетворять требованиям СН 435-72.

7.31. Если из фактического ряда невозможно выбрать год с общим стоком межени заданной обеспеченности, то фактический межен-

ный сток ближайшего года приводится к расчетной межени путем умножения расходов данного года на отношение межени стока расчетного и фактического. При этом годовой сток может оказаться несколько отклонившимся от стока заданной обеспеченности, чем можно пренебречь.

7.32. Водохозяйственные расчеты прудов ведутся не по хронологическим, а по водохозяйственным гидрометрическим рядам.

7.33. Табличные расчеты регулирования стока сводятся к решению уравнения баланса пруда по отрезкам времени (год, сезон, месяц, декада). Расчеты проводятся для всего принятого ряда лет, по средним расходам в указанные отрезки времени.

7.34. Если задано водопотребление и требуется определить емкость пруда, то расчет следует начинать с конца наиболее длительного маловодья, когда наполнение принимается равным мертвому объему. Расчеты выполняются в порядке, обратном ходу времени до начала маловодного периода. Полученное при этом наполнение принимается за общую емкость пруда.

Зная общую емкость, выполняют уже по ходу времени расчет, но опять от мертвого объема;

а) при сезонном регулировании – от начала водохозяйственного года до заполнения вычисленной емкости. С этого момента и далее до начала сработки пруд заполнен и работает на расходах притока;

б) при многолетнем регулировании – от начала предыдущего расчета (конец маловодья) до заполнения емкости и далее до конца всего периода.

7.35. При табличном расчете прудов сезонного регулирования допускается применение двух предельных вариантов правил регулирования:

пруд наполняется до отметки НПУ, а затем производятся холостые сбросы;

вначале производятся холостые сбросы, а затем пруд наполняется до отметки НПУ.

7.36. При расчете прудов ирригационного назначения водопотребление оросительной системы учитывается изменяющимся по годам в зависимости от гидрометеорологических условий года. Расчет водопотребления на орошение производится по биоклиматическому методу М.А.Алпатьева или другому наиболее подходящему для данного региона способу.

7.37. Расчеты по имеющимся фактическим рядам стока без контроля по обобщенному методу нельзя считать надежными, так как ни один из имеющихся рядов не может охватить все возможные комбинации последовательности величин стока.

Поэтому выводы о размерах сооружений и обеспеченной их отдаче являются в известной мере случайными.

7.38. Наряду с расчетом по гидрометрическому ряду обязательно привлекается вероятностный метод водохозяйственных расчетов, гидрологической основой которого являются обобщенные характеристики стока.

Статистические характеристики речного стока при расчетах вероятностным методом: норма (Q_0), коэффициент вариации (C_v), коэффициент асимметрии (C_s), коэффициент корреляции стока смежных лет (r) определяются методами, изложенными в строительных нормах на гидрологические расчеты СН 435-72.

7.39. Оптимальная емкость пруда уточняется сопоставлением стоимости I м^3 воды при различных высотах плотины.

Определение периодов сработки прудов многолетнего регулирования

7.40. Под периодом сработки понимается продолжительность полного опорожнения пруда, целиком заполненного к началу маловодной группы лет.

7.41. Период сработки прудов многолетнего регулирования может быть определен по методу С.Н.Крицкого и М.Ф.Менкеля, эти авторы построили кривые и таблицы наиболее вероятных периодов сработки $n = \varphi(\beta_{мн}, \alpha)$.

Общий период сработки прудов многолетнего регулирования складывается из периодов сработки многолетней составляющей лет и сезонной составляющей объема t лет.

7.42. Среднегодовой приток за период сработки многолетней составляющей емкости $\beta_{мн}$ определяется по формуле

$$K = \alpha - \frac{\beta_{мн}}{n}. \qquad (7.11.)$$

Приток в дополнительный год, в течение которого срабатывается сезонная составляющая объема, принимается равным в год

$$K = \alpha, \text{ т.е. } m = m\alpha.$$

7.43. Осредненный годовой приток $W_{пр}$ для всего периода Т полного использования рабочей емкости пруда определяется по формуле:

$$W_{пр} = \frac{(n+t)\cdot\alpha W_0 - (\beta_{мн} + \beta_{сез}) W_0}{n+m}, \qquad (7.12)$$

где t – продолжительность межени в долях года от начала межени до момента наибольшей в году сработки пруда.

Г. Водохозяйственные расчеты изолированных прудов при отсутствии или недостаточности гидрометрических наблюдений

7.44. Расчеты прудов сезонного регулирования могут выполняться методами:

обобщенных статистических характеристик;

расчета по году со стоком заданной обеспеченности.

7.45. Водохозяйственные расчеты прудов при расчетах по году со стоком заданной обеспеченности выполняются не только для расчетного года, но и для маловодного года, за который принима-

ется год 95%-ной обеспеченности. Для особо маловодного года допускается снижение гарантированной водоотдачи до 25% в зоне избыточного и достаточного увлажнения. В зоне недостаточного увлажнения водоотдача в год 95%-ной обеспеченности не должна снижаться более, чем на 50%.

7.46. Водохозяйственные расчеты прудов сезонного и многолетнего регулирования стока, выполняемые по обобщенным статистическим характеристикам, сводятся к установлению зависимости полезной водоотдачи расчетной обеспеченности от размеров пруда (полного объема, отметки НПУ).

Указанные расчеты служат для обоснования выбора отметки НПУ прудов.

7.47. При уточнении водоотдачи и режима работы пруда при выбранной отметке НПУ производятся расчеты по месячным интервалам времени для расчетных лет (при сезонном регулировании стока) или по сезонным для расчетного ряда лет сработки пруда (при многолетнем регулировании стока). По итогам водохозяйственного расчета строится график работы пруда.

7.48. Расчеты прудов по обобщенным статистическим характеристикам проводятся в следующем порядке:

Задается коэффициент зарегулирования стока брутто с интервалом через 0,05 или 0,1.

Вычисляется для каждого $\alpha_{бр}$ водоотдача брутто

$$R_{бр} = \alpha_{бр} \cdot \bar{W}_c , \qquad (7.13)$$

где W_0 – средний многолетний объем стока.

Определяется многолетняя составляющая $\beta_{мн}$ емкости пруда по графикам (прил.II) и многолетний объем пруда.

$$V_{мн} = \beta_{мн} \cdot \bar{W}_0 . \qquad (7.13^{I})$$

Сезонная составляющая емкости прудов вычисляется по формулам:

а) при равномерной водоотдаче внутри года используются зависимости С.Н.Крицкого и М.Ф.Менкеля.

при $\alpha_{бр} \leq K_{рг}$ $$\beta_{сез} = \alpha \cdot t_м - m K_{рм} \quad (7.14а)$$

при $\alpha_{бр} = 1$ $$\beta_{сез} = t_м - \bar{m} \quad (7.14б)$$

при $K_{рг} < \alpha_{бр} < 1$ $$\beta_{сез} = \alpha t_м - \bar{m} + \bar{m} \frac{1 - K_{рм}}{1 - K_{рг}} \quad (7.14в)$$

где $t_м$ – длительность межени в долях года;

$\bar{m}$ – доля средней межени в годовом стоке;

$K_{рг}$ – годовой сток расчетной обеспеченности;

$K_{рм}$ – расчетный сток межени.

б) для временных водотоков, когда весь сток проходит в период половодья, и для малых рек, в которых регулируется только сток половодья, а межень пропускается транзитом без использования, сезонная составляющая емкости определяется по формуле:

$$V_{сез} = R_{бр} - (W_{межс} - W_{сан}), \quad (7.15)$$

где $W_{меж}$ – объем меженного стока за период сработки пруда;

$W_{сан}$ – объем санитарного сброса за период сработки пруда.

Полезный объем пруда находим по формуле:

$$V_{полез} = V_{мо} + V_{сез}. \quad (7.16)$$

Полный объем пруда при НПУ, необходимый для получения заданной водоотдачи $\alpha_{бр}$ или $R_{бр}$, определяем по формуле:

$$V_{пол} = V_{мо} + V_{полез}. \quad (7.17)$$

Расчетные потери на испарение и фильтрацию определяются по среднерасчетной площади зеркала $F_{ср.расч}$, вычисленной по топографической характеристике и среднерасчетному объему по формуле:

$$V_{ср.расч.} = V_{мо} + K V_{полез}, \quad (7.18)$$

где К изменяется в пределах 0,5–0,6 и может уточняться по проектам-аналогам.

Суммарный среднерасчетный слой потерь на испарение задается в исходных данных. При сезонном регулировании стока он принимается по расчетно-засушливому году.

При многолетнем регулировании стока допускается для определения потерь на испарение за период сработки пруда принимать соотношение средних и среднезасушливых лет I:I или интерполяцией в зависимости от степени зарегулированности стока.

Ежегодные потери на испарение составляют

$$V_{исп} = h_{исп} \cdot F_{ср.расч.} \qquad (7.19)$$

Ежегодные потери на фильтрацию равны

$$V_{ф} = h_{ф} \cdot F_{ср.расч.} \qquad (7.20)$$

Суммарные ежегодные потери составляют

$$V_{пот} = V_{исп} + V_{ф} + V_{л}, \qquad (7.21)$$

где $V_{л}$ – потери на ледообразование, вычисляемые при круглогодичной работе пруда.

Полезная водоотдача заданной обеспеченности определяется по формуле:

$$R_{н} = R_{бр} - V_{пот}. \qquad (7.22)$$

По данным $\alpha_{бр}$ и соответствующим им $R_{н}, V_{полн}, H_{мах}$ строятся зависимости $R_{н} = f(V_{полн}, H_{мах})$, на основании которых выполняются технико-экономические расчеты по выбору параметров пруда.

7.49. Определение уточненной величины водоотдачи прудов многолетнего регулирования стока за период сработки производится в следующем порядке:

устанавливается продолжительность периода сработки многолетней емкости пруда по таблицам С.Н.Крицкого и М.Ф.Менкеля;

вычисляется среднегодовой приток за период сработки многолетней емкости

$$K = \alpha_{бр} - \frac{\beta_{нн}}{n}; \qquad (7.23)$$

определяется осредненный годовой приток K^{I} за весь период

T полного использования рабочей емкости пруда

$$K' = \frac{(n+t)k_{бр} - (\beta_{ин} + \beta_{сез})}{n+m}, \quad (7.24)$$

где t – продолжительность низкого стока (в долях года) от начала межени до момента наибольшей в году сработки пруда;

m – средний объем низкого стока (в долях среднего годового), соответствующий периоду.

Полученный приток пересчитывается в абсолютную величину и распределяется по сезонам года.

Расчеты полезной водоотдачи производятся путем последующих приближений. Отдача брутто распределяется по сезонам года пропорционально числу месяцев (при равномерном водопотреблении) или неравномерно, как например, при орошении.

Расчеты начинаются с полного объема пруда с летнего периода, конечные объемы определяются по балансу: начальный объем плюс естественный сток минус отдача. Далее вычисляются средние за каждый сезон объемы и соответствующие им площади.

Для вычисленных средних объемов и площадей находятся потери на испарение и фильтрацию, которые суммируются по сезонам и в нарастающем порядке за весь период сработки. К концу этого периода должен сохраняться мертвый объем пруда.

Полезная водоотдача в первом приближении получается, если из суммарной отдачи брутто за весь период вычесть суммарные потери.

Для уточнения расчета во втором приближении вычисления повторяются аналогично вышеописанному. Окончательная полезная отдача будет равна суммарной отдаче брутто за период сработки пруда за вычетом уточненных суммарных потерь. При равномерной водоотдаче месячная водоотдача равна суммарной полезной водоотдаче, деленной на число месяцев работы пруда за период его сработки.

7.50. Учет корреляционной связи объемов годового стока смежных лет рекомендуется производить (по данным проработкам Ино-

титута водных проблем АН СССР) в зависимости от модулей среднего годового стока согласно табл.7.4.

Таблица 7.4

Рекомендуемые значения коэффициента корреляции стока смежных лет

Модуль среднего годового стока, л/сек, км^2	20	20–10	I0–4	4–I	Менее I
Коэффициент корреляции	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5

Учет коэффициента корреляции стока смежных лет приводит к повышению емкости прудов многолетнего регулирования стока.

Расчеты компенсационного регулирования стока

7.51. В случае, если орошаемые земли располагаются ниже гидроузла и забор воды на орошение производится не непосредственно из пруда, водохозяйственные расчеты выполняются с учетом компенсирующего регулирования с боковой приточностью на участке между створом гидроузла и местом водозабора. При этом следует учитывать только полезно используемую величину стока боковой приточности в соответствии с графиком поливов в разрезе сезона и продолжительностью полива в разрезе суток.

7.52. Обеспеченность стока боковой приточности можно принимать соответствующей расчетной обеспеченности отдачи из пруда.

7.53. Для случая, изложенного в п.7.5I, требуется определение расхода (объемы) попусков из пруда для удовлетворения водопотребления на орошение.

На рис.7.I. дана условная схема к такому расчету

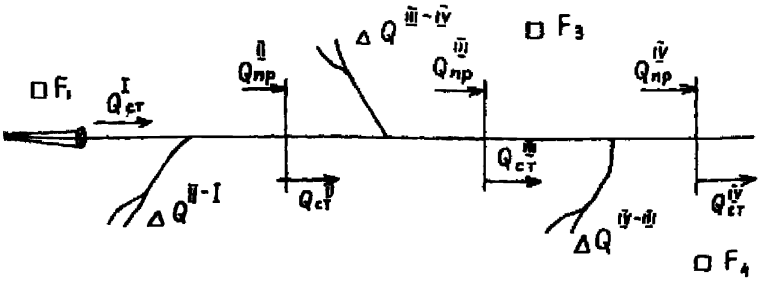


Рис. 7.1

□ F – участок орошения;

$Q_{пр}$ – расход в водоисточнике выше водозабора на орошение;

$Q_{ст}$ – расход в водоисточнике ниже водозабора на орошение;

ΔQ – расход боковой приточности на участке;

Q – расход водозабора.

7.54. Расчетами первоначально определяется зависимость отдачи на орошение от отметки НПУ $W_{сниж.}=f(НПУ)$ и предварительная зависимость площади орошения от отметки НПУ – $F_{ор}=f(НПУ)$ без учета расположения орошаемых земель.

7.55. Задаваясь размерами орошаемых земель, производят расчет необходимых попусков из пруда с учетом боковой приточности.

Расчет ведут в табличной форме.

7.56. Расчет производят подбором, начиная с последнего по течению водозабора. Форма расчета представлена в табл.7.5.

7.57. При бесплотинном водозаборе размер попусков должен обеспечивать в водоисточнике в створе водозабора расходы не менее четырехкратной величины расхода водопотребления. Кроме этого, ниже любого водозабора должен быть обеспечен санитарный расход.

Таблица 7.5

Поливной период, сут.	Наименование характеристик	Номера участков орошения ниже гидроузла			Створ гидроузла	Расход попуска из пруда на орошение
		IV	III	II		
	Площадь орошения, га	F_4	F_3	F_2	F_1	
	Водопотребление (брутто), м³/с	Q_4	Q_3	Q_2	Q_1	
	Боковая приточность (используемая) между участками орошения, м³/с		ΔQ^{III-II}	ΔQ^{II-I}	ΔQ^{I-I}	
	Расход в водоисточнике ниже участка орошения, м³/с	$Q_{ст}^{IV} = Q_{95\%}^{IV}$	$Q_{ст}^{III} = Q_{пр}^{III} - \Delta Q^{III-II}$	$Q_{ст}^{II} = Q_{пр}^{II} - \Delta Q^{II-I}$	$Q_{ст}^{I} = Q_{пр}^{II} - \Delta Q^{II-I}$	
	Необходимый расход притока к участку орошения, м³/с	$Q_{пр}^{IV} = Q_{ст}^{IV} + Q_4$	$Q_{пр}^{III} = Q_{ст}^{III} + Q_3$	$Q_{пр}^{II} = Q_{ст}^{II} + Q_2$	—	$Q_{под} = Q_{ст}^{I}$

Примечания: 1. При бесплотинном водозаборе необходимый расход притока к участку орошения ($Q_{пр}$) определяется с учетом необходимости обеспечения в водоисточнике четырехкратного расхода водозабора.

2. F_1 и Q_1 – площадь участка орошения и водопотребление с забором воды непосредственно из пруда.

7.58. Если, при проведении расчета от последнего по течению водозабора, размеры попусков не обеспечивают для какого-либо водозабора условия, отмеченные в п.7.57, расчеты попусков корректируются с учетом требований данного водозабора.

7.59. По полученным расходам попусков для каждого интервала времени определяется объем попусков на орошение.

7.60. Объем попусков из пруда при наличии суточного регулирования (наличие оперативной связи между объектами водопотребления и прудом) определяется произведением расхода попусков непосредственно на поливное время.

При отсутствии суточного регулирования в расчет принимаются круглосуточные попуски в размере, обеспечивающем забор воды на орошение без сокращения их в неполивные часы.

7.61. При удовлетворении требований каждого водозабора полученный объем попусков является расчетной величиной отдачи. По зависимости $W_{нетто} = f(НПУ)$ определяется отметка НПУ пруда.

7.62. При наличии водозаборов ниже и непосредственно из пруда объемы расчетных задач складываются и отметка НПУ определяется от суммарной отдачи.

Д. Водохозяйственные расчеты каскадно-расположенных прудов

Водохозяйственные расчеты каскадно-расположенных прудов по гидрометрическим рядам

7.63. Для выполнения расчетов регулирования стока по календарным гидрологическим рядам необходимы таблицы расходов воды в створе каждого пруда за расчетный период, выбранный в соответствии с требованиями п.7.26. При этом необходимо иметь сток с частной площади для каждого пруда.

7.64. Расчеты регулирования стока проводятся по интегральным кривым или табличным способом.

7.65. При расчетах каскадно-расположенных прудов на малых реках приток по всем прудам допускается принимать строго синхронным и считать время добегания равным нулю.

На средних реках следует учитывать время добегания.

7.66. Поступление воды в нижний пруд складывается из стока нерегулируемого собственного водосбора и попусков из вышерасположенных прудов.

7.67. Для расчета каскада прудов выбирается общий период в соответствии с требованиями п.7.28, по стоку которого выполняются водохозяйственные расчеты.

Водохозяйственные расчеты каскадно-расположенных прудов при недостаточности или отсутствии гидрометрических наблюдений

7.68. При недостаточности или отсутствии данных гидрометрических наблюдений расчет каскадно-расположенных прудов с независимой водоотдачей производится по обобщенному статистическому методу, основы которого были разработаны Я.Ф.Плешковым.

Я.Ф.Плешков в монографии "Регулирование речного стока. Водохозяйственные расчеты" (Изд. 3-е, Л.,Гидрометеоиздат, 1975) предлагает проводить расчет объемов водохранилищ в каскаде, рассматривая их "от истоков к устью" речной сети. При этом приводятся эвристические условия, с помощью которых для определения емкости нижележащего пруда должна быть определена некоторая совокупность тех вышележащих прудов, которые влияют на наполнение указанного нижележащего. Такую совокупность прудов, сток с частной площади которых используется при наполнении рассматриваемого нижележащего, будем называть далее "влияющей совокупностью".

Ниже излагаются исходные допущения метода, уточненные условия определения влияющих совокупностей и пример расчета. Подробное обоснование описываемой методики содержится в статье Д.М.Яро-

шевского и Л.К.Ленит-Гуревича "Условия выбора водохранилищ в каскаде, влияющих на определение объемных параметров нижележащего водохранилища" ("Водные ресурсы" № 3, АН СССР, 1980).

7.69. Исходные допущения.

Предполагается синхронность колебаний стока с отдельных частей бассейна. При этом расход, протекающий в любом К-ом створе $\theta_K(t)=F_K\cdot H(t)$, где F_K – общая площадь водосбора; $H(t)$ – слой стока, зависящий от времени, одинаковый во все моменты времени по всему бассейну малой реки.

Водопотребление из к- го створа $A_K(t)=\varphi_K A(t)$, где φ_K характеризует площадь орошения, привязанную к К -му створу, а $A(t)$ – общая для всего бассейна функция времени, которая существует ввиду общности климатических и агроэкономических условий на всем бассейне малой реки.

Все пруды, входящие во влияющую совокупность, образуют некоторый гипотетический изолированный пруд, емкость которого равна суммарной емкости прудов влияющей совокупности.

Вычитая из "объема" влияющей совокупности ранее найденные объемы вышележащих прудов, определяем многолетнюю и сезонную составляющую емкости нижележащего (см.далее 7.74).

7.70. Вспомогательные понятия:

Группой $\mathcal{J}_i$ прудов с нижним i-ым называется любой набор прудов, расположенных выше i -го по течению реки, причем каждый из прудов группы $\mathcal{J}_i$, за исключением i -го, сбрасывает воду в некоторый другой пруд, также входящий в группу $\mathcal{J}_i$. Нижний i-ый пруд также входит в состав $\mathcal{J}_i$.

Граница $\Gamma(\mathcal{J}_i)$ группы $\mathcal{J}_i$ ("раздельные створы") состоит из прудов, не входящих в $\mathcal{J}_i$, но сбрасывающих воду в крайний пруд из $\mathcal{J}_i$.

Коэффициентом зарегулированности группы $\mathcal{J}_i$ называется величина

$$\alpha(\mathcal{Y}_i) = \frac{\sum A_j}{\sum \omega_j}, \qquad (7.25)$$

где суммирование производится по всем прудам, входящим в группу $\mathcal{Y}_i (j \in \mathcal{Y}_i)$; A_j – среднемноголетнее водопотребление из j-го пруда, а ω_j – среднемноголетний сток с частной площади водосбора j-го пруда.

7.71. Условия определения влияющих совокупностей.

Некоторая группа прудов $\mathcal{Y}_i$ представляет собой влияющую совокупность R_i с нижним i-ым прудом только в том случае, если выполнены следующие условия:

коэффициент зарегулированности влияющей совокупности R_e любого e-го пруда, лежащего на границе $\Gamma(\mathcal{Y}_i)$ группы $\mathcal{Y}_i$, не меньше коэффициента зарегулированности всей группы $\mathcal{Y}_i$:

$$\alpha(\mathcal{Y}_i) \leq \alpha(R_e) \qquad (7.26)$$

для всех e на границе $\Gamma(\mathcal{Y}_i)$;

коэффициент зарегулированности влияющей совокупности R_K любого пруда $K \neq i$, лежащего внутри группы $\mathcal{Y}_i$, меньше коэффициента зарегулированности всей группы $\mathcal{Y}_i$ $\alpha(R_K) < \alpha(\mathcal{Y}_i)$ для всех $K \in \mathcal{Y}_i$, $K \neq i$.

7.72. Общая схема последовательности определения влияющей совокупности.

Определение влияющих совокупностей в каскаде прудов проводится "от истоков к устью". Для нижнего i-го пруда выбор влияющей совокупности при известных влияющих совокупностях R_j для всех вышележащих прудов j осуществляется в следующем порядке.

Полагаем, что влияющая совокупность R_i состоит из единственного i-го пруда.

На границе $\Gamma(R_i)$ предполагаемой влияющей совокупности выбираем такой j-ый пруд, чтобы коэффициент зарегулированности его влияющей совокупности $\alpha(R_j)$ являлся минимальным среди всех гра-

фициентов зарегулированности влияющих совокупностей прудов, оказавшихся на границе $\Gamma(R_i)$, т.е. $\alpha(R_j) = \min_x(\alpha(R_\ell))\ell_\ell \Gamma(R_i)$. (7.27)

Если $\alpha(R_i) > \alpha(R_j)$, то расширяем набор прудов предполагаемой влияющей совокупности R_i, добавляя к ней все пруды, входящие в состав влияющей совокупности j-го пруда. Для получившейся "расширенной" R_i повторяем все действия, описанные в пп.7.71 и 7.72.

Если же в. $\alpha(R_i) \leq \alpha(R_j)$, то получившаяся на последнем "шаге" влияющая совокупность R_i и является искомой.

7.73. Порядок расчетов по определению влияющих совокупностей иллюстрируется на примере.

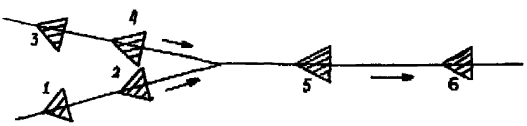


Рис.7.2. К примеру расчета влияющих совокупностей прудов в каскаде

Пусть среднемноголетние стоки с частных площадей водосбора равны, соответственно $\omega_1 = 2400$, $\omega_2 = 300$, $\omega_3 = 1900$, $\omega_4 = 400$, $\omega_5 = 50$, $\omega_6 = 3000$, а объемы годовой водоотдачи брутто равны $A_1 = 1920$, $A_2 = 90$, $A_3 = 1330$, $A_4 = 200$, $A_5 = 45$, $A_6 = 2400$. Здесь все величины даны в некоторых условных объемных единицах.

Рассматриваем водохранилище "от истоков к устью". Очевидно, влияющие совокупности для 1-го и 3-го пруда состоят только из самих этих прудов: $R_1 = \{1\}$, $R_3 = \{3\}$. Легко показать, что пруды 2 и 4 функционируют как изолированные, т.е. $R_2 = \{2\}$, $R_4 = \{4\}$. Приведем в несколько сокращенном виде последовательность расчета R_5 и R_6.

Полагаем, что влияющая совокупность R_5 содержит 5-й пруд $R_5 = \{5\}$, тогда $\alpha(R_5) = A_5/\omega_5 = 0{,}9 > \min\{\alpha(R_2), \alpha(R_4)\} = \alpha(R_2) = A_2/\omega_2 = 0{,}3$.

В этом случае не выполняется условие (7.27). Включаем в R_1 один из граничных прудов, имеющий меньший коэффициент зарегулированности своей влияющей совокупности, т.е. пруд 2, поскольку $\alpha(R_2)=A_2/\omega_2 < \alpha(R_4)=A_4/\omega_4$.

Таким образом, предполагаем, что $R_5=\{5;\ 2\}$. В этом случае $\alpha(R_5)=(A_2+A_5)/(\omega_2+\omega_5)\approx 0,39 < min\left\{\alpha(R_4),\ \alpha(R_1)\right\}$.

Условие (7.27) выполняется; также "автоматически" будет выполнено условие (7.28), так как в состав R_5 был включен пруд, имеющий наименьший коэффициент зарегулированности своей влияющей совокупности. Итак, $R=\{5;\ 2\}-R_5$ состоит из 5-го и 2-го прудов.

Переходим к определению R_6. Положим $R_6=\{6\}$. Имеем $\alpha(R_5)=0,39 < \alpha(R_6)=A_6/\omega_6=0,8$, т.е. условие (7.27) не выполнено. Включаем в R_6 всю влияющую совокупность R_5: $R_6=\{6,5,2\}$.

В этом случае $\alpha(R_6)=(A_2+A_5+A_6)/(\omega_2+\omega_5+\omega_6)\approx 0,76 > min\left\{\alpha(R_4),\ \alpha(R_1)\right\}=\alpha(R_4)=A_4/\omega_4=0,5$

условие (7.27) не выполнено. Таким образом, R_4 должно войти в R_6: $R_6=\{6,5,2,4\}$.

Далее, $\alpha(R_6)\approx 0,73 > min\left\{\alpha(R_3),\ \alpha(R_1)\right\}=\alpha(R_3)=0,7$

Значит, и R_3 входит в R_6. Имеем $R_6=\{6,5,2,4,3\}$; $\alpha(R_6)\approx 0,72 < \alpha(R_1)=0,8$, т.е. условие (7.27) выполнено. Окончательно, R_6 состоит из всех прудов в каскаде, кроме 1-го.

Проведенный расчет удобно свести в таблицу, пригодную для выполнения аналогичных расчетов для произвольных каскадно-расположенных прудов.

7.74. Рассматривая далее получившиеся влияющие совокупности как изолированные пруды, применяют к ним номограммы для определения многолетней составляющей и зависимости для расчета сезонной составляющей емкости (см.п.7.48 и прил.11).

Пусть V_p^M и V_R^C, соответственно, многолетняя и сезонная составляющие влияющей совокупности R_i как изолированного пруда

Таблица 7.6

Номер рассматриваемого нижележащего пруда (i)	Предполагаемый состав прудов, образующих влияющую совокупность R_i с нижним i-ым прудом	Номера прудов, оказавшихся на границе предполагаемой влияющей совокупности $\Gamma(R_i)$	Коэффициент зарегулир. предполагаемой влияющей совокупности $\alpha(R_i)$	Коэффициент зарегулир. влияющей совокупности прудов, оказавшихся на границе предполагаемой влияющей совокупности $\alpha(R_e)$ для всех $e_e \Gamma(R_i)$	Минимальный коэффициент зарегулир. на границе $\alpha(R_j) = \min \alpha(R_e)$; $e_e \Gamma(R_i)$	Состав влияющей совокупности R_j с наименьшим коэффициентом зарегулир. на границе влияющей совокупности R_i	Следует ли расширять R_i, добавляя к ней R_i, т.е. $\alpha(R_j) < \alpha(R_i)$
1	1		0,8				нет
3	3		0,7				нет
2	2	I	0,3	0,8	0,8	1	нет
4	4	3	0,5	0,7	0,7	3	нет
5	5	2; 4	0,9	0,3; 0,5	0,3	2	да
	5; 2	1; 4	0,39	0,8; 0,5	0,5	4	нет
6	6	5	0,8	0,39	0,39	5; 2	да
	6;5;2	1; 4	0,76	0,8; 0,5	0,5	4	да
	6;5;2;4	1; 3	0,73	0,8; 0,7	0,7	3	да
	6;5;2;4;3	1	0,72	0,8	0,8	1	нет

Тогда V_i^M и V_i^c – многолетняя и сезонная составляющие i-го нижележащего пруда определяются так:

$$V_i^M = V_R^M - \sum_j V_j^M ; \qquad (7.28)$$

$$V_i^c = V_R^c - \sum_j V_j^c , \qquad (7.29)$$

где суммирование проводится по всем прудам (кроме i-го), вошедшим в состав влияющей совокупности R_i.

7.75. Если все каскадно-расположенные пруды осуществляют сезонное регулирование стока, допускается производить водохозяйственные расчеты по стоку лет расчетной обеспеченности, выбранных в соответствии с требованиями п.7.27. При этом расчеты выполняются последовательно от истока к устью реки.

Е. Расчеты трансформации максимальных расходов половодий и паводков

7.76. Расчеты трансформации максимальных расходов половодий и паводков производятся для обоснования размеров водосбросных отверстий и величины форсировки уровня воды в прудах.

7.77. Для расчетов трансформации максимальных расходов половодий и паводков используются данные топографической характеристики пруда $W = f(H)$ и пропускной способности водосбросных сооружений гидроузла $q = f(W)$.

7.78. При проектировании прудов расчет трансформации гидрографов высоких вод производится без учета кривой подпора, т.е. с использованием зависимости объема пруда только от уровня верхнего бьефа (расчет по статическим емкостям).

7.79. Когда расчетный гидрограф строится по фактическим данным гидрометрического створа, расположенного в створе плотины, при наличии широкой поймы, необходимо исключить возможность повторного учета срезки максимума прудом. Для этого гидрограф входного створа строится с исключением регулирующего влияния поймы на участке подпора. Это построение называется ретрансформацией гидрографа.

Расчеты трансформации максимальных расходов половодий и паводков одиночными прудами

7.80. Определение сбросных расходов, трансформированных одиночными прудами, допускается проводить по схематизированным гидрографам и расчетным формулам, уточняющим схему Д.И.Кочерина.

7.81. Исходные допущения.

Входной гидрограф схематизируется в виде трапеции. При этом должны быть известны параметры, характеризующие форму гидрографа расчетной обеспеченности: максимальный расход Q, время подъема паводка T_1, время стояния высоких вод T_2 и время спада T_3.

Обычно доступна для оценки величина объема паводка расчетной обеспеченности $W_{пав}$. В этом случае форма трапецеидального гидрографа задается относительными величинами

$$\xi_1 = T_1/T, \quad \xi_2 = T_2/T, \quad \xi_3 = \frac{T_3}{T}, \qquad (7.30)$$

где $T = T_1 + T_2 + T_3$ – суммарная продолжительность паводка.

При известных Q, $W_{пав.}$ и ξ_1, ξ_2, ξ_3 величины T_1, T_2 и T_3 находят по формулам

$$T_1 = \frac{2\xi_1 W_{пав}}{Q(2\xi_2 + \xi_1 + \xi_3)}; \qquad (7.31а)$$

$$T_2 = \frac{2\xi_2 W_{пав}}{Q(2\xi_2 + \xi_1 + \xi_3)}; \qquad (7.31б)$$

$$T_3 = \frac{2\xi_3 W_{пав}}{Q(2\xi_2 + \xi_1 + \xi_3)}. \qquad (7.31в)$$

Водосбросные сооружения представляют собой либо безнапорный водослив с затворами или без затворов (автоматический), либо напорный донный водоспуск (сифон). Режим управления сбросным сооружением определяется из следующих условий:

а) при ненаполненном до НПУ водохранилище затворы закрыты;

б) при достижении отметки НПУ затворы открываются постепенно, чтобы не происходили опорожнение или форсировка уровня;

в) если при наполненном водохранилище расход притока превышает пропускную способность сооружения, то затворы полностью открыты и вступает в действие емкость форсировки.

На предусматривается пропуск паводка через какие-либо другие отверстия.

7.82. В соответствии с обобщениями схемы Д.И.Кочерина в условиях допущений п.7.81 нарастание сбросных расходов через водослив при форсировке уровня можно считать линейным, а график сбросных расходов через донный водоспуск аппроксимируется ломаной с одной вершиной, как показано на рис.7.3.

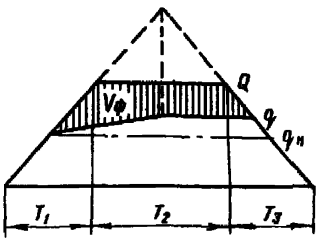


Рис. 7.3

На рис.7.3 через $q_н$ обозначена пропускная способность сбросного сооружения при НПУ, а через q – искомый максимальный сбросной расход.

Далее используются также обозначения:

$V_ф$ – емкость форсировки;

V_c – сработанная емкость пруда к началу паводка.

Все объемные характеристики задаются в кубических метрах, расходы – в кубических метрах в секунду, временные характеристики измеряются в секундах.

7.83. Расчетные формулы для величины максимального сбросного расхода.

1. Глухой водослив со щитами на гребне

Пусть $Q \le q_н \le Q$. (7.32)

Схема 1.1. (рис.7.4)

$$Q \le V_c \le \frac{q_н^2 T_1}{2a} \qquad (7.33)$$

$$\frac{Q-q_н}{2}T_2 \le V_{ф} \le \frac{Q-q_н}{2}\left[(T_1+T_3)\left(1-\frac{q_н}{Q}\right)+2T_2\right], \qquad (7.34)$$

$$q = Q - \frac{2V_{ф} - T_2(Q-q_н)}{(T_1+T_3)\left(1-\frac{q_н}{Q}\right)+T_2} \qquad (7.35)$$

Схема I.2 (рис.7.4)

$$\frac{q_н^2 T_1}{2Q} \le V_c \le \frac{QT_1}{2}, \qquad (7.36)$$

$$\frac{1}{2}\left[QT_2 + \left(1+\frac{q_н}{Q}\right)\sqrt{2V_c QT_1} - q_н(T_1+T_2) - 2V_c\right] \le \qquad (7.37)$$
$$\le V_{ф} \le \frac{Q(T+T_2)}{2} + \frac{q_н}{Q}\left(\frac{q_н T_2}{2} + \sqrt{2V_c QT_1 - q_н T - V_c}\right)$$

$$q = Q - \frac{2V_{ф} + 2V_c + q_н T_1 - \left(1+\frac{q_н}{Q}\right)\sqrt{2V_c QT_1} - T_2(Q-q_н)}{T - \sqrt{\frac{2V_c T_1}{Q}} - T_3\frac{q_н}{Q}} \qquad (7.38)$$

Схема I.3 (рис.7.4)

$$\frac{QT_1}{2} \le V_c \le \frac{Q(T_1+2T_2)}{2}, \qquad (7.39)$$

$$\frac{Q-q_н}{2}\left(\frac{T_1}{2}+T_2-\frac{V_c}{Q}\right) \le V_{ф} \le \qquad (7.40)$$
$$\le \frac{Q-q_н}{2}\left(T+T_2-\frac{2V_c}{Q}-\frac{q_н}{Q}T_3\right),$$

$$q = Q - \frac{2V_{ф} - (Q-q_н)\left(\frac{T_1}{2}+T_2-\frac{V_c}{Q}\right)}{\frac{T_1}{2}+T_2-\frac{V_c}{Q}+T_3\left(1-\frac{q_н}{Q}\right)}. \qquad (7.41)$$

Схема I.4 (рис.7.4)

$$\frac{Q(T_1+2T_2)}{2} \le V_c \le \frac{Q(T+T_2)}{2} - \frac{q_н^2 T_3}{2Q}, \qquad (7.42)$$

$$Q \le V_{ф} \le \frac{1}{2}\left(\sqrt{Q(T+T_2)-2V_c} - q_н\sqrt{\frac{T_3}{Q}}\right)^2, \qquad (7.43)$$

$$q = q_н + \frac{\left(\sqrt{Q(T+T_2)-2V_c} - q_н\sqrt{\frac{T_3}{Q}}\right)^2 - 2V_{ф}}{\sqrt{\frac{T_3}{Q}}\left[Q(T+T_2) - 2V_c\right]} - \frac{q_н}{Q}T_3 \qquad (7.44)$$

Схема I.5 (рис.7.4)

$$\frac{Q(T+T_2)}{2} - \frac{q_н^2 T_2}{2Q} \le V_c \le \frac{Q(T+T_2)}{2}. \qquad (7.45)$$

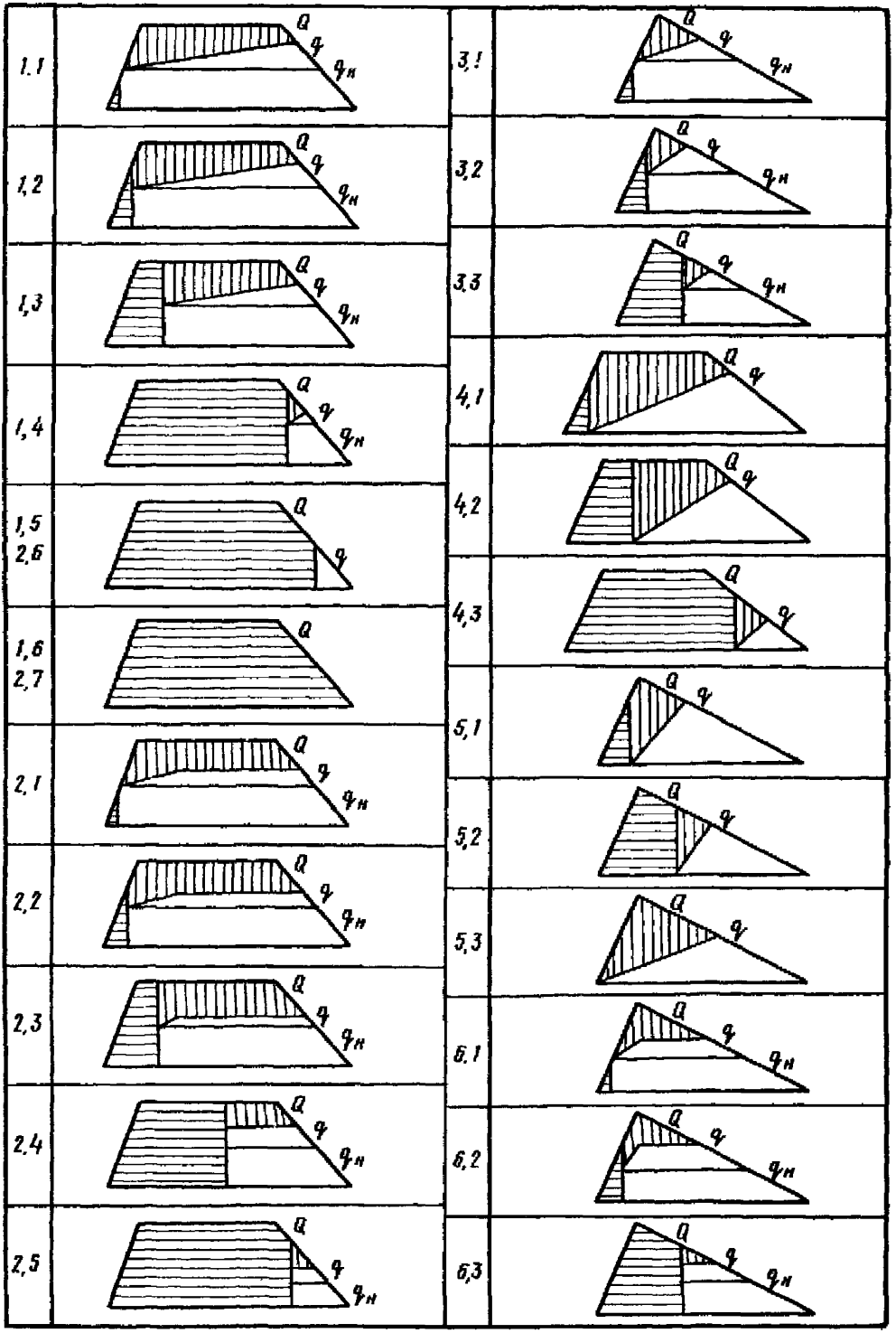


Рис. 7.4. Схемы трансформации паводков

Емкость форсировки в этой схеме не используется. Очевидно, эта схема может иметь место лишь при $q_н \neq 0$. Тогда

$$q=\sqrt{\frac{Q}{T_3}\left[Q(T+T_2)-2V_c\right]}. \qquad (7.46)$$

Схема 1.6 (рис.7.4)

$$Q\left(\frac{T+T_2}{2}\right) \leq V_c . \qquad (7.47)$$

В этом случае происходит полная аккумуляция паводка прудом и сбросной расход равен нулю.

Если в формулах (7.34), (7.37) или (7.40) не выполнится левые неравенства, то фактически это означает, что емкость форсировки недостаточна для пропуска паводка в рассматриваемых условиях. Принимая, что при этом не происходит разрушения сооружении, можно приближенно считать максимальный сбросной расход равным максимуму расхода входного гидрографа $q=Q$

Если же в этих формулах или в (7.43) не выполнены правые неравенства, то емкость форсировки не будет полностью использоваться и можно приближенно считать максимальный сбросной расход равным пропускной способности сооружения при НПГ $q=q_н$.

Пусть теперь вместо (7.32) имеет место неравенство

$$Q < q_н. \qquad (7.48)$$

Рассмотрим следующие интервалы значений сработанного объема

$$0 \leq V_c \leq \frac{Q(T_1+2T_2)}{2}, \qquad (7.49)$$

$$\frac{Q(T_1+2T_2)}{2} \leq V_c \leq \frac{Q(T+T_2)}{2}, \qquad (7.50)$$

а также интервал, определяемый неравенством (7.47). Легко видеть, что при этом во всех случаях емкость форсировки не используется. При этом в интервале (7.49) Имеем $q=Q$, интервал (7.50) приводит к схеме 1.5, а интервал (7.47) – к схеме 1.6.

2. Донный водоспуск

Пусть $0 < q_н \leq 0.$ (7.51)

Схема 2.1. (рис.7.4):

$$0 \leq V_c \leq \frac{q_н^2 T_1}{2Q}, \tag{7.52}$$

$$\frac{Q-q_н}{2} \cdot \frac{T_1 T_2}{T_1+T_3} \leq V_ф \leq \frac{Q-q_н}{2}\left[(T+T_2)-\frac{q_н}{Q}(T_1+T_3)\right], \tag{7.53}$$

$$q=\frac{Q}{2T_3}\left\{\frac{T(T_1+2T_3)}{T_1+T_3}-\frac{q_н}{Q}T_1-\right.$$
$$\left.-\sqrt{\left[\frac{T(T_1+2T_3)}{T_1+T_3}-\frac{q_н}{Q}T_1\right]^2-\frac{4T_3}{Q}\left[Q(T+T_2)-q_н\frac{TT_1}{T_1+T_3}-2V_ф\right]}\right\}, \tag{7.54}$$

Схема 2.2.(рис.7.4)

$$\frac{q_н^2 T_1}{2Q} \leq V_c \leq \frac{QT_1}{2}, \tag{7.55}$$

$$\frac{T_1}{2}\left[(Q-q_н)\left(\sqrt{\frac{2V_c}{QT_1}}-\frac{q_н}{Q}+\frac{T_2}{T_1+T_3}\right)-\frac{1}{Q}\left(\sqrt{\frac{2V_cQ}{T_1}}-q_н\right)^2\right] \leq V_ф \leq$$
$$\leq \frac{1}{2Q}\left\{\left[(Q-q_н)T+(Q+q_н)T_2\right](Q-q_н)-T_1\left(\sqrt{\frac{2V_cQ}{T_1}}-q_н\right)^2\right\}, \tag{7.56}$$

$$q=\frac{Q}{2T_3}\left\{\frac{T(T_1+2T_3}{T_1+T_3}-\sqrt{\frac{2V_cT_1}{Q}}-\right.$$
$$\left.-\sqrt{\left[\frac{T(T_1+2T_3)}{T_1+T_3}-\sqrt{\frac{2V_cT_1}{Q}}\right]^2-\frac{4T_3}{Q}\left[Q(T+T_2)-\frac{q_нTT_1}{T_1+T_3}+q_н\sqrt{\frac{2V_cT_1}{Q}}-2V_c-2V_ф\right]}\right\}, \tag{7.57}$$

Схема 2.3 (рис.7.4):

$$\frac{QT_1}{2} \leq V_c \leq \frac{QT_1}{2}\left(1+\frac{2T_2}{T_1+T_3}\right), \tag{7.58}$$

$$\frac{Q-q_н}{2}\left[\frac{T_1}{2}\left(1+\frac{2T_2}{T_1+T_3}\right)-\frac{V_c}{Q}\right] \leq V_ф \leq$$
$$\leq \frac{Q-q_н}{2}\left[T+T_2-\frac{1}{Q}(2V_c+q_нT_3)\right], \tag{7.59}$$

$$q=\frac{Q}{2T_3}\left\{\frac{T(T_1+2T_3)}{T_1+T_3}-\frac{T_1}{2}-\frac{V_c}{Q}-\right.$$
$$\left.-\sqrt{\left[\frac{T(T_1+2T_3)}{T_1+T_3}-\frac{T_1}{2}-\frac{V_c}{Q}\right]^2-\frac{4T_3}{Q}\left[Q(T+T_2)+\frac{q_н}{Q}V_c-\frac{q_нT_1}{2}\left(1+\frac{2T_2}{T_1+T_3}\right)-2V_c-2V_ф\right]}\right\} \tag{7.60}$$

Схема 2.4 (рис.7.4):

$$\frac{QT_1}{2}\left(1+\frac{2T_2}{T_1+T_3}\right) \leq V_c \leq \frac{Q(T_1+2T_2)}{2}, \tag{7.61}$$

$$0 \le V_{\varphi} \le \frac{Q-q_н}{2}\left(T+T_2-\frac{2V_c}{Q}-\frac{q_н}{Q}T_3\right), \qquad (7.62)$$

$$q=\frac{Q}{2T_3}\left\{2T-T_1-\frac{2V_c}{Q}-\right. \qquad (7.63)$$
$$\left.-\sqrt{\left(2T-T_1-\frac{2V_c}{Q}\right)^2-\frac{4T_3}{Q}\left[Q(T+T_2)-2V_c-2V_{\varphi}\right]}\right\}$$

Схема 2.5 (рис.7.4):

$$\frac{Q(T_1+2T_2)}{2} \le V_c \le \frac{Q(T+T_2)}{2}-\frac{q_н^2 T_3}{2Q}, \qquad (7.64)$$

$$0 \le V_{\varphi} \le \frac{1}{2}\left[\sqrt{Q(T+T_2)-2V_c}-q_н\sqrt{\frac{T_3}{Q}}\right]^2, \qquad (7.65)$$

$$q=\sqrt{\frac{Q}{T_3}}\left[\sqrt{Q(T+T_2)-2V_c}-\sqrt{2V_{\varphi}}\right]. \qquad (7.66)$$

Схема 2.6 (рис.7.4):

$$\frac{Q(T+T_2)}{2}-\frac{q_н^2 T_3}{2Q} \le V_c \le \frac{Q(T+T_2)}{2}, \qquad (7.67)$$

совпадает со схемой 1.5.

Схема 2.7 (рис.7.4)

$$\frac{Q(T+T_2)}{2} \le V_c \qquad (7.68)$$

совпадает со схемой 1.6.

Если в формулах (7.53), (7.56) или (7.59) не выполняются левые неравенства, то аналогично схемам работы глухого водослива получаем недостаточность емкости форсировки для пропуска паводка.

При этом из тех же предпосылок можно считать, что $q=Q$.

Если же в этих же формулах или в (7.62), или (7.65) не выполнены правые неравенства, то аналогично не будет полного использования емкости форсировки и $q=q_н$.

Если вместо (7.51) имеет место соотношение (7.48), то для принятого режима управления донным водоспуском получаем те же схемы, что и при рассмотрении соотношений (7.49), (7.50) или (7.47).

Для глухого водослива автоматического действия (без затворов) схемы 1.2, 1.3 и 1.4 упрощаются подстановкой $q_н=0$. Схема 1.1 для этого случая не имеет места.

Как схемы глухого водослива (с затворами или без затворов), так и схемы донного водоспуска применимы для входного гидрографа треугольной формы. В этом случае следует положить $T_2=0$. При этом схемы 1.3, 2.3 и 2.4 не имеет смысла рассматривать.

Для расчета трансформации в условиях наполненного пруда к моменту начала паводка полагаем $V_c=0$ и пользуемся, соответственно, схемами 1.1 или 2.1, а для водослива автоматического действия – схемой 1.2.

Для удобства использования приведем схемы для перечисленных частных случаев.

Пусть для рассматриваемых схем выполняется соотношение (7.32) Если это не так, то получаем либо схему 1.5, либо схему 1.6, либо $q=Q$ см.пояснения к формулам (7.48), (7.49) и (7.50) .

3. Глухой водослив со щитами на гребне (треугольный график притока)

Схема 3.1 (рис.7.4)

$$0 \le V_c \le \frac{Q_н T_1}{2Q}, \qquad (7.68)$$

$$0 \le V_\varphi \le \frac{(Q-Q_н)^2 T}{2Q}, \qquad (7.69)$$

$$q = Q - \frac{2V_\varphi Q}{T(Q-Q_н)}. \qquad (7.70)$$

Схема 3.2 (рис.7.4)

$$\frac{Q_н^2 T_1}{2Q} \le V_c \le \frac{QT_1}{2} \qquad (7.71)$$

$$\frac{1}{2}\left[\left(1+\frac{Q_н}{Q}\right)\sqrt{2V_c QT_1}-Q_н T_1-2V_c\right] \le V_\varphi \le \qquad (7.72)$$

$$\le \frac{QT}{2}+\frac{Q_н}{Q}\left(\frac{Q_н T_3}{2}+\sqrt{2V_c QT_1}\right)-Q_н T-V_c,$$

$$q=Q-\frac{2V_\varphi+2V_c+Q_н T_1-\left(1-\frac{Q_н}{Q}\right)\sqrt{2V_c QT_1}}{T-\sqrt{\frac{2V_c T_1}{Q}}-T_3\frac{Q_н}{Q}}. \qquad (7.73)$$

Схема 3.3. (рис.7.4)

$$\frac{QT_1}{2} \le V_c \le \frac{QT}{2}-\frac{Q_н^2 T_3}{2Q}, \qquad (7.74)$$

$$0 \le V_{\varphi 0} \le \frac{1}{2}\left(\sqrt{QT - 2V_c} - q_H\sqrt{\frac{T_3}{Q}}\right)^2, \qquad (7.75)$$

$$q = q_H + \frac{\left(\sqrt{QT - 2V_c} - q_H\sqrt{\frac{T_3}{Q}}\right)^2 - 2V_{\varphi 0}}{\sqrt{\frac{T_3}{Q}}\left(QT - 2\sqrt{V_c} - \frac{q_H}{Q}T_3\right)} \qquad (7.76)$$

4. Глухой водослив автоматического действия

Схема 4.1. (рис.7.4)

$$Q \le V_c \le \frac{QT_1}{2}, \qquad (7.77)$$

$$\frac{1}{2}\left(QT_2 + \sqrt{2V_c QT_1} - 2V_c\right) \le V_{\varphi 0} \le \frac{Q(T+T_2)}{2} - V_c, \qquad (7.78)$$

$$q = Q - \frac{2V_{\varphi 0} + 2V_c - \sqrt{2V_c QT_1} - QT_3}{T - \sqrt{\frac{2V_c T_1}{Q}}} \qquad (7.79)$$

Схема 4.2 (рис.7.4):

$$\frac{QT_1}{2} \le V_c \le \frac{Q(T_1 + 2T_2)}{2}, \qquad (7.80)$$

$$\frac{Q}{2}\left(\frac{T}{2} + T_2 - \frac{V_c}{Q}\right) \le V_{\varphi 0} \le \frac{Q}{2}\left(T + T_2 - \frac{2V_c}{Q}\right), \qquad (7.81)$$

$$q = Q - \frac{2V_{\varphi 0} - Q\left(\frac{T}{2} + T_3 - \frac{V_c}{Q}\right)}{\frac{T}{2} + T_2 - \frac{V_c}{Q} + T_3}. \qquad (7.82)$$

Схема 4.3 (рис.7.4)

$$\frac{Q(T + 2T_2)}{2} \le V_c \le \frac{Q(T + T_2)}{2}, \qquad (7.83)$$

$$Q \le V_{\varphi 0} \le \frac{Q(T+T_2)}{2} V_c, \qquad (7.84)$$

$$q = \frac{Q(T+T_2) - 2V_c - 2V_{\varphi 0}}{\sqrt{\frac{T_3}{Q}\left[Q(T+T_2) - 2V_c\right]}} \qquad (7.85)$$

5. Глухой водослив автоматического действия /треугольным гребнем щитком/

Схема 5.1 (рис.7.4)

$$Q \le V_c \le \frac{QT_1}{2}, \qquad (7.86)$$

$$\sqrt{\frac{V_c Q T_1}{2}} - V_c \le V_{\varphi} \le \frac{QT}{2} - V_c \,, \qquad (7.87)$$

$$q = \frac{QT - 2V_c - 2V_{\varphi}}{T - \sqrt{\frac{2V_c T_1}{Q}}} \,. \qquad (7.88)$$

Схема 5.2. (рис.7.4)

$$\frac{QT_1}{2} \le V_c \le \frac{QT}{2} \,, \qquad (7.89)$$

$$0 \le V_{\varphi} \le \frac{QT}{2} - V_c \,, \qquad (7.90)$$

$$q = \frac{QT - 2V_c - 2V_{\varphi}}{\sqrt{\frac{T_1}{Q}(QT - 2V_c)}} \,. \qquad (7.91)$$

Схема 5.3 (рис. 7.4).

пусть пруд наполнен перед началом паводка до НПГ. Тогда и при $0 \le V_{\varphi} \le \frac{QT}{2}$ имеем

$$q = Q - \frac{2V_{\varphi}}{T} \qquad (7.92)$$

(формула Д.Р.Кочерина).

6. Донный водоспуск (треугольный график притока)

Схема 6.1 (рис.7.4)

$$0 \le V_c \le \frac{q_H^2 T_1}{2Q} \,, \qquad (7.93)$$

$$0 \le V_{\varphi} \le \frac{(Q - q_H)^2 T}{2Q} \,, \qquad (7.94)$$

$$q = \frac{Q}{2T_3}\left\{T_1\left(1 - \frac{q_H}{Q}\right) + 2T_3 - \sqrt{\left[T_1\left(1 - \frac{q_H}{Q}\right) + 2T_3\right]^2 - \frac{4T_3}{Q}\left(QT - q_H T - 2V_{\varphi}\right)}\right\} \,. \qquad (7.95)$$

Схема 6.2 (рис.7.4)

$$\frac{q_H^2 T_1}{2Q} \le V_c \le \frac{QT_1}{2} \,, \qquad (7.96)$$

$$\frac{T_1}{2}\left(\sqrt{\frac{2V_c Q}{T_1}} - q_H\right)\left(1 + \sqrt{\frac{2V_c}{QT_1}}\right) \le V_{\varphi} \le \qquad (7.97)$$

$$\le \frac{1}{2Q}\left[\left(Q - q_H\right)^2 T - \left(\sqrt{\frac{2V_c Q}{T_1}} - q_H\right)^2 T_1\right] \,.$$

$$q=\frac{Q}{2T_3}\left\{T+T_3-\sqrt{\frac{2V_cT_1}{Q}}-\right.$$
$$\left.-\sqrt{\left(T+T_3-\sqrt{\frac{2V_cT_1}{Q}}\right)^2-\frac{4T_3}{Q}\left(QT-q_HT_1+q_H\sqrt{\frac{2V_cT_1}{Q}}-2V_c-2V_\varphi\right)}\right\}. \quad (7.\text{[illegible]})$$

Схема 6.3 (рис.7.4)

$$\frac{QT_1}{2}\leq V_c\leq\frac{QT}{2}-\frac{q_H^2T_3}{2Q}, \quad (7.\text{[illegible]})$$

$$Q\leq V_\varphi\leq\frac{1}{2}\left(\sqrt{QT-2V_c}-q_H\sqrt{\frac{T_3}{Q}}\right)^2, \quad (7.\text{[illegible]})$$

$$q=\sqrt{\frac{Q}{T_3}}\left(\sqrt{QT-2V_c}-\sqrt{2V_\varphi}\right). \quad (7.\text{[illegible]})$$

Расчеты трансформации максимальных расходов половодий и паводков каскадно-расположенными прудами

7.84. Расчет максимальных расходов воды, трансформированных системой прудов, рекомендуется производить по методу В.Н. Цингера, уточненному Я.Ф.Плешковым.

7.85. Расход воды, подходящий к i -му пруду и подлежащий трансформации данным прудом, определяется по формуле:

$$Q_{\substack{max.\\подх.}}=K\left(Q_{\substack{max.\\соб.}}+\Sigma Q_{\substack{max.\\тр}}\right), \quad (7.102)$$

где $Q_{\substack{max.\\подх.}}$ – расход, подходящий к пруду и подлежащий трансформации;

K – коэффициент трансформации;

$Q_{\substack{max.\\тр}}$ – сумма максимальных расходов, трансформированных вышележащими прудами;

$Q_{\substack{max.\\соб.}}$ – максимальный расход, сформированный в собственной части бассейна.

Коэффициент трансформации максимальных расходов равен

$$K=1-\left(1-\frac{Q}{\Sigma Q_i}\right)\frac{\Sigma Q_{тр}}{\Sigma Q}, \quad (7.103)$$

где $\Sigma Q_{тр}$ и ΣQ – сумма расходов, нарастающих по верхним створам;

ΣQ_i – сумма расходов по частным водосбросам.

7.86. Расчеты трансформации максимальных расходов выполняются в следующей последовательности:

а) вначале трансформируется максимальный расход на самом верхнем пруде;

б) сбросной максимум верхнего пруда суммируется с естественным максимумом нижележащего пруда и полученный расход трансформируется вторым прудом; при этом учитывается общий суммарный приток с двух частных водосборов;

в) сбросной расход из второго пруда суммируется с редуцированным максимумом с водосбора третьего нижележащего пруда с учетом суммарного притока с трех частных водосборов и т.д.

Решение вопросов, связанных с расчетами волны прорыва сооружений гидроузлов, определяется требованиями специальной нормативной литературы.

X. Водохозяйственный баланс

7.87. Водохозяйственный баланс на стадии технического или технорабочего проекта составляется для обоснования намеченных данным проектом водохозяйственных мероприятий.

7.88. Водохозяйственный баланс составляется для бассейна рек, непосредственно из которого намечается отбор воды на проектируемые мероприятия. Кроме того, он проверяется для более крупного бассейна, если имеются предпосылки появления дефицита воды в пределах последнего.

7.89. Водохозяйственный баланс составляется для среднего и маловодных лет обеспеченностью 75 и 95% с учетом перспективного водопотребления в бассейне рассматриваемого водотока.

7.90. При разбивке водотока на участки в качестве расчетных створов следует принимать створы существующих и проектируемых водозаборов; места впадения относительно крупных притоков; створы, к которым предъявляются особые требования со стороны других водопользователей и водопотребителей.

Таблица 7.7

Водохозяйственный баланс реки в маловодный год обеспеченностью на расчетный уровень 19 г.,

млн.м^3

Элементы водохозяйственного баланса	Месяц												средний годовой
	IУ	У	УI	УП	УШ	IX	X	XI	XII	I	II	III	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
Приток к пруду													
Заполнение и сработка пруда													
Отдача из пруда брутто													
Потери из пруда:													
на испарение;													
на фильтрацию													
Отдача из пруда нетто													
Отъемы из пруда:													
на водоснабжение;													
на орошение													
Сумма безвозвратных потерь и отъемов													
Сток ниже плотины:													
естественный;													
зарегулированный													
Боковая приточность на участке створ плотины – пункт "А"													
Приток к пункту "А"													
Отъемы воды в пункте "А":													
на водоснабжение;													
орошение													
Сумма отъемов													

Продолжение табл. 7.7

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
Сток ниже пункта "А":													
естественный;													
зарегулированный													
Боковая приточность на участке: пункт "А"– пункт "В"													
Приток к пункту "В"													
Отъемы воды в пункте "В":													
на водоснабжение;													
на орошение													
Сумма отъемов													
Сток ниже пункта "В"													
и т.д.													

7.9I. При составлении водохозяйственного баланса учитывается как водопотребление, так и водоотведение.

7.92. Водохозяйственный баланс составляется по форме, приведенной в табл. 7.7.

7.93. При составлении водохозяйственных балансов необходимо уточнить водоотдачу существующих прудов и водохранилищ, поскольку в бассейнах этих водоемов могли измениться гидрологические параметры и условия регулирования стока.

7.94. При расчетах водохозяйственных балансов возможность наполнения прудов многолетнего регулирования оценивается следующим образом:

а) в средний по водности год наполняется вся полезная емкость прудов;

б) в год 75%-ной обеспеченности наполняется часть полезной емкости, равная объему весеннего стока 75%-ной обеспеченности,

за исключением санитарного попуска, размер которого определяется в соответствии с п.7.12.

в) в год 95%-ной обеспеченности наполняется часть полезной емкости, равная величине весеннего стока в год 95%-ной обеспеченности за вычетом санитарного попуска.

г) сработка прудов многолетнего регулирования в средний по водности год и год расчетной обеспеченности по стоку происходит на величину водоотдачи брутто.

д) уменьшение сработки прудов в годы обеспеченностью выше расчетной зависит от назначения и требований потребителей на воду и определяется в соответствии с требованиями СНИП II-31-74.

7.95. Прогноз солевого режима прудов выполняется по методике, изложенной в книге Я.Ф.Плешкова и В.И.Мухопада "Вопросы инженерной гидрохимии и охраны вод". (Л., Гидрометеоиздат, 1979). Расчеты общей минерализации прудов многолетнего регулирования стока выполняются для периода наполнения и расчетного маловодного периода, выбранного в соответствии с п.7.94, по которому осуществлялись и водохозяйственные расчеты.

8. ПОДГОТОВКА ЛОЖА ПРУДА

8.1. Проектирование мероприятий по подготовке территории прудов к затоплению необходимо вести, руководствуясь:

"Положением о порядке проведения мероприятий по подготовке зон затопления водохранилищ в связи со строительством гидроэлектростанций и водохранилищ", Сборник постановлений Совета Министров СССР за 1976 г.;

"Санитарными правилами по подготовке водохранилища и каналов к затоплению и санитарной охране их", утвержденными главным государственным санитарным инспектором СССР 19 мая 1956 г.

8.2. При проектировании прудов комплексного использования, предусматривающих развитие рыбоводства, должны быть учтены также

указания, содержащиеся в "Указаниях по подготовке ложа прудов рыбоводных хозяйств к затоплению". (Минводхоз СССР, Гидрорыбпроект, М., 1974).

Основные положения документов, указанных в пп.8.1 и 8.2, приводятся ниже.

8.3. Все строения и сооружения, расположенные в зонах затопления, подтопления, берегопереработки, подлежат переносу или инженерной защите.

Объекты, не подлежащие переносу по признаку их пригодности, конструктивных особенностей или хозяйственной целесообразности, сносятся.

Вопрос о переносе или инженерной защите решается на основании технико-экономических расчетов либо других специальных соображений.

8.4. Зона затопления охватывает территорию, находящуюся в длительном либо постоянном затоплении водой вследствие устройства подпорных сооружений, и ограничивается отметкой НПУ.

8.5. Зона временного затопления включает территорию, расположенную между отметками НПУ и ФПУ. Она затапливается частично или полностью при прохождении паводков.

8.6. Зона берегопереработки занимает прибрежную территорию, которая постепенно может обрушаться вследствие новых условий, создаваемых прудом.

8.7. Зоной подтопления считается территория, на которой под влиянием подпора, создаваемого прудом, повышается против бытового уровень стояния грунтовых вод.

Допускаемую глубину уровня грунтовых вод от поверхности земли устанавливают, исходя из характера использования территории:

на участках населенных пунктов, промплощадок с капитальной застройкой - в зависимости от наличия и глубины подвалов, но не

менее 2 м и не менее 0,3 м от подошв фундаментов. При этом для ответственных сооружений необходимо произвести поверочные расчеты их устойчивости;

на участках, занятых сельхозугодиями,- до I м.

8.8. Зона подтопления и берегопереработки в каждом отдельном случае определяется прогнозом, разработанным проектной организацией на основании специальных гидрогеологических изысканий и расчетов, а также по имеющимся достоверным аналогам.

8.9. Подтопление в зависимости от его степени и климатических условий может играть как отрицательную, так и положительную роль для сельского хозяйства.

На территории зоны подтопления должны быть предусмотрены мероприятия по наиболее рациональному сельскохозяйственному ее использованию.

8.I0. Для решения вопроса о рациональном использовании подтопленных земель необходим правильный выбор сельскохозяйственных культур, наиболее приспособленных к создаваемым экологическим условиям. При этом в климатических зонах избыточного и неустойчивого увлажнения основным ограничивающим фактором является избыточная влажность почвы в результате высокого стояния уровня грунтовых вод.

8.II. Оптимальные уровни грунтовых вод для различных сельскохозяйственных культур даны в табл. 4 СНиП II-52-74.

8.I2. Условно зону подтопления делят на три подзоны в зависимости от положения грунтовых вод относительно поверхности:

сильного подтопления (0÷0,5м), среднего (0,5-I,0м), слабого (>I,0 м).

8.I3. Основным препятствием для возделывания зерновых и пропашных культур даже в подзоне слабого подтопления является повышенная требовательность этих культур к водно-воздушному режиму

почвы, колебания которого на протяжении вегетационного периода не должны быть значительными, особенно недопустим резкий подъем уровней грунтовых вод.

Другим фактором, ограничивающим возделывание зерновых и пропашных культур, является периодическое затопление прилегающих к пруду земель.

Для выращивания в подзонах среднего и слабого подтопления наиболее перспективными являются многолетние травы.

Для подзоны сильного подтопления условия резкоизбыточного увлажнения делают невозможным выращивание в ней мезофитных трав. Здесь могут развиваться лишь влаголюбивые многолетние травы, выдерживающие как подтопление, так и поверхностное затопление.

8.I4. Устойчивость луговых трав к весеннему затоплению и необходимые сроки отвода избыточных вод из корнеобитаемого слоя в вегетационный период представлены в табл. 8.I и 8.2.

Таблица 8.I

Допустимые сроки весеннего затопления луговых трав

Виды луговых трав	Допустимые сроки затопления, сут.
Клевер красный, овсяница красная	5–I0
Тимофеевка луговая, овсяница луговая, мятлик луговой, клевер ползучий, чина луговая, мышиный горошек	I2–I7
Лисохвост луговой, костер безостный, пырей ползучий, полевица белая, канареечник	I8–25

Примечания к табл. 8.I и 8.2:

Таблицы приводятся из "Руководства по проектированию осушительных систем сельскохозяйственного назначения" ВТР-П-8-76.

8.I5. В комплекс санитарной подготовки территории пруда входят:

Таблица 8.2

Затопление осушаемых земель летними паводками в весенний период и сроки отвода из корнеобитаемого слоя избыточной влаги

Наименование культур	Сроки отвода избыточных вод, сут.			
	поверхностных вод	из пахотного слоя на глубину 0,2м	из пахотного и подпахотного слоя	
			с глубины 0,2 до 0,5м	с глубины 0,5 до нормы осуш.
Зерновые картофель	0,5	I,0-I,5	2-3	4-5
Овощные, силосные, корнеплод	0,8	I,0-2,0	2-3	4-5
Многолетние травы	I,0-I,5	2,0-3,0	3-5	6-7

санитарная очистка территории, подлежащих переносу населенных пунктов, хозяйственных центров, промышленных предприятий, мест массового загрязнения;

мероприятия в местах захоронения;

устройство водосборных каналов для осушения чаши пруда с отводом воды в нижний бьеф;

удаление за пределы чаши остатков строительных материалов от строительства, от сносимых строений и коммуникаций, попавших в зону затопления, и бытового мусора;

скашивание болотной растительности, срезка кустарника, деревьев и корчевка пней;

глубокая вспашка по местам с болотной растительностью кустарнико-болотным плугом с полным оборотом пласта, разделка пласта целины тяжелыми дисковыми боронами в 3-4 следа, а затем простыми боронами, удаление корневищ из чаши пруда;

обвалование мелководных мест с дренажом осушаемой площади, если площадь мелководья с глубинами до 0,5 м составляет более I5% от площади пруда при НПУ.

8.16. Санитарная очистка проводится на всей территории ложа пруда, подлежащей затоплению, подтоплению, береговопереработке и затоплению паводковыми водами.

8.17. Нечистоты из уборных и бытовые отбросы вывозятся за пределы зоны санитарной очистки.

8.18. На территории животноводческих объектов, предприятий по хранению и обработке сырья животного происхождения, попадающих в зону санитарной очистки, предусматриваются мероприятия в соответствии с эпидемической ситуацией объектов (см.Санитарные правила п.8.1).

8.19. Попадающие в зону санитарной очистки функционирующие и нефункционирующие скважины подлежат тампонажу.

8.20. Работы по санитарной подготовке ложа пруда должны быть закончены не менее чем за один весенне-летний сезон до начала затопления.

8.21. На площади между отметками НПУ и ФПУ проводятся выборочно мероприятия по удалению древесной и кустарниковой растительности с расчетом сохранения растительности, пригодной для дальнейшего использования с целью озеленения берегов пруда и создания ландшафта.

8.22. При лесоочистке древесные и порубочные остатки, если они не могут быть использованы населением и вывезены, сжигаются на месте без оставления недожогов.

8.23. Снятие плодородного слоя почвы с территории зоны затопления с перенесенем его на малопродуктивные угодия должно предусматриваться в случае экономической целесообразности.

8.24. По торфяным массивам должны быть предусмотрены меры борьбы с всплыванием торфа.

8.25. Все места захоронения, попадающие в зону санитарной очистки, подлежат закрытию.

8.26. Кладбища, попавшие в зону санитарной очистки (п.8.16), в зону берегообрушения, а также в места, предназначенные для водозаборных сооружений, подлежат переносу.

8.27. Территория скотомогильников, расположенных в зоне затопления, подлежит обработке по действующим указаниям санитарного надзора.

8.28. Сибиреязвенные скотомогильники, расположенные в срабатываемой зоне (плюс 2 м ниже), подлежат креплению против возможного обнажения, а расположенные в зоне берегообрушения, подлежат переносу.

8.29. В прудах, также используемых и для рыборазведения, подверженный всплытию торф должен быть удален либо пригружен минеральным грунтом.

8.30. Если чаша пруда обладает большой водопроницаемостью, при надлежащем технико-экономическом обосновании проектируются противофильтрационные мероприятия:

уплотнение ложа прудов (однослойное или двухслойное);

устройство глиняного экрана;

устройство пленочного экрана;

устройство грунтополимерного экрана.

8.31. Уплотнение ложа прудов выполняется при помощи кулачковых катков или катков на пневматических шинах. Работы по однослойному уплотнению выполняются в следующей последовательности: на участках, подлежащих уплотнению, грунт вспахивается на глубину 30 см и боронуется; при недостаточной влажности - поливается и укатывается катками до требуемой плотности в зависимости от грунта.

Оптимальная влажность грунтов, при которой уплотнение может дать наибольший эффект, следующая:

суглинки легкие 15-17%

суглинки средние 21-28%

суглинки тяжелые 23–25%

глины 25–28%

8.32. В большинстве случаев рекомендуется двухслойное уплотнение, так как уплотненный слой быстро разуплотняется под воздействием корневой системы растений (в срабатываемой зоне пруда). Последовательность работ в этом случае следующая: после снятия болотной и древесной растительности, срезки бугров и засыпки ям вспахивается участок чаши пруда на глубину 30–35 см. Распаханный слой удаляется скреперами или бульдозерами за пределы уплотняемого участка, и распахивается нижний слой на такую же глубину, как и верхний, разрыхляется боронами, увлажняется (если влажность ниже оптимальной) и укатывается катками в 10–12 следов. Уплотненный слой покрывается ранее снятым грунтом и также уплотняется катками. Все работы по уплотнению могут выполняться механизмами без применения ручного труда.

8.33. При устройстве глиняных экранов укладывается глина влажностью 25–28%. Покрываемый участок предварительно очищается от дерна и растительных остатков, вспахивается и боронуется дисковой бороной, перед укладкой экрана увлажняется основание. Глина в экран укладывается слоями 15–20 см с послойной укаткой. Если экран находится в срабатываемой зоне пруда, то его необходимо предохранить от промерзания, которое может привести к пучению и растрескиванию экрана. Кроме того, вследствие зарастания проницаемость глиняного экрана может увеличиваться под воздействием корней растений. Поэтому глиняный экран в подобных случаях покрывается защитным покрытием из местного грунта толщиной не менее 50 см и не менее глубины промерзания. Толщина глиняного экрана принимается в зависимости от глубины воды над экраном (табл.8.3).

Таблица 8.3

Рекомендуемые толщины экрана

Глубина воды, м	Толщина экрана, м	Глубина воды, м	Толщина экрана, м
До 2	0,5	6-8	I,2-I,5
2-4	0,5 -0,8	8-I0	I,5-I,7
4-6	0,8 -I,2	I0-I2	I,7-2,0

8.34. В качестве пленочного экрана применяется полиэтиленовая пленка толщиной 0,2-0,3 мм и шириной полотнищ до 3 м. Пленочный экран составляется из отдельных полотнищ, которые сваривают в полотнища нужных размеров на специальном полигоне. Сваривание выполняется после доставки полотнищ на место укладки экрана*.

Для сварки больших полотнищ на полигоне применяют машину СПК-М. Для ручной сварки в месте укладки экрана можно использовать бытовой электроутюг с терморегулятором, импульсный полоз УСИ-I или экструдер.

8.35. Земляные работы по подготовке основания под пленку в чаше пруда выполняются перед укладкой экрана. Укладку экрана следует вести от продольной оси чаши в обе стороны склонов балки.

На экран укладывается защитный слой грунта толщиной 50 см. Надвигать защитный слой грунта необходимо сразу же вслед за укладкой пленки, после чего защитный слой укатывается гладкими катками.

---

* См. "Рекомендации по применению противофильтрационных экранов из полимерных пленок на оросительных каналах и водоемах". Минводхоз СССР, Союзгипроводхоз, 1966.

При движении строительных механизмов на гусеничном ходу по защитному слою их повороты более чем на 15^{0} запрещаются при толщине защитного слоя менее 40 см.

8.36. В целях предотвращения повреждения пленки персонал, занятый устройством экрана, должен быть обут в резиновую обувь или снабжен мягкими чехлами для кожаной обуви. Заезд механизмов на неприкрытую грунтом пленку не допускается.

8.37. В качестве грунтополимерного экрана применяется экран из местных супесчаных и суглинистых грунтов, обработанных КОСЖК (кубовыми остатками синтетических жирных кислот). КОСЖК является продуктом переработки нефти, обладающим поверхностной активностью, содержание твердых частиц не менее 40%, число атомов углерода в молекуле более 20. Приобрести КОСЖК можно на нефтеперегонных заводах.

8.38. В состав работ по устройству грунтополимерного экрана на основе КОСЖК входят:

после выполнения работ по чаше, указанных в пп.8.I, разработка грунта в ложе пруда по устройству корыта под укладку экрана;

рыхление грунта по всей чаше в пределах проектных уровней воды на глубину 0,2–0,3 м;

разогрев КОСЖК в бадьях до жидкого состояния (60–70^{0}С) и смешивание его с дизельным топливом в соотношении I:I по весу;

обработка взрыхленного грунта раствором КОСЖК в количестве I,0–I,5 кг/м^{3} тракторными опрыскивателями типов ОБТ, ОНК-Б или АНЕ;

перемешивание грунта с полимером дисковыми боронами до получения однородной массы;

уплотнение грунто-полимерного экрана катками;

доставка грунта для пригрузки экрана слоем 20–30 см с предварительным увлажнением, если его влажность ниже оптимальной;

разравнивание грунта бульдозером и уплотнение гладкими катками до проектной плотности.

Площадь всей чаши пруда разбивается на участки, на которых последовательно чередуется весь цикл операций, обеспечивающих устройство экрана.

9. СООРУЖЕНИЯ ГИДРОУЗЛА И ЕГО КОМПОНОВКА

9.1. Комплекс гидротехнических сооружений, образующий пруд, обычно включает:

плотину, создающую необходимый подпор;

водосбросное сооружение с ледозащитными устройствами для отвода излишков весенних и дождевых вод за пределы пруда;

водоспуск для осуществления попусков в нижний бьеф и опорожнения пруда;

другие различные водозаборные и водовыпускные сооружения, насосные станции, обеспечивающие подачу воды потребителю.

При технической возможности и экономической целесообразности функции отдельных сооружений следует объединять.

Например, в случаях донной конструкции водосброса и выдачи воды потребителю в нижнем бьефе, как правило, водозаборное сооружение, водовыпуск и водоспуск объединяют с водосбросом; водовыпуск во многих случаях используют для пропуска строительных расходов и т.д.

9.2. Схема компоновки основных сооружений пруда, определяемая его технологическим назначением, топографическими и инженерно-геологическими условиями, может быть принята в соответствии с действующим типовым проектом "Компоновки гидротехнических узлов с водосбросами открытого и трубчатого типа", Ленгипроводхоз (взамен ТП 820-83, вып.I).

Проектом следует рассматривать несколько вариантов компоновок и выбирать оптимальную на основании технико-экономического сравнения.

Плотины.

9.3. Для строительства прудов в качестве водоподпорного сооружения следует применять, в основном, земляные насыпные плотины из местных грунтовых материалов (суглинок, супесь, песок и т.д.) как на скальном, так и на нескальном основании. Применять другие типы плотин допускается только при специальном обосновании.

9.4. Проектирование плотин для прудов производится на основании действующих инструкций и типовых проектных решений:

плотины из грунтовых материалов (СНиП II 53-73);

плотины бетонные и железобетонные (СНиП II 54-77);

секции земляных насыпных плотин высотой до 15 м с крепленым верховым откосом (ТП 820-0-1, Ленгипроводхоз, 1977 г., срок действия 01.01.1985 г., распространяется ЦИТП);

секции земляных насыпных плотин высотой до 10 м с уположенным верховым откосом (Ленгипроводхоз);

секции дамб из местных грунтов высотой до 3 м (Ленгипроводхоз);

дамбы низконапорные на слабых грунтах для водохранилищ и польдерных осушительных систем (Белгипроводхоз).

Перечисленные нормативные документы и типовые решения определяют требования к материалу плотины, очертанию и креплению верхового и низового откосов, назначению отметки гребня, конструкции противофильтрационных, дренажных устройств и обратных фильтров.

При проектировании плотин прудов следует, в основном, пользоваться типовыми решениями, переходя к индивидуальному проектированию только в случаях, специально оговоренных исходными положениями типового проекта.

9.5. Для отсыпки плотины пригодны все виды грунтов, за исключением:

грунтов, содержащих водорастворимые включения солей хлоридных и сульфатно-хлоридных в количестве более 5% по весу или солей сульфатных и хлоридно-сульфатных в количестве более 2% по весу;

грунтов, содержащих не полностью разложившиеся вещества (остатки растений) в количестве более 5% по весу или полностью разложившиеся органические вещества, находящиеся в аморфном состоянии в количестве более 8% по весу.

песчано-илистых или илистых грунтов, подверженных разжижению при насыщении их водой.

9.6. Средний и легкий суглинки обладают способностью противостоять температурным изменениям. Плотины из этих грунтов, как правило, не требуют противофильтрационных устройств в теле плотины, так как имеют малую фильтрационную способность.

9.7. Основные типы земляных плотин, применяемые при строительстве прудов в зависимости от грунта основания и грунта тела плотины, приводятся ниже на рис.9.I (типы плотин, принятых типовыми проектами).

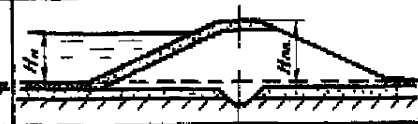
Глинистые грунты, относимые к пучинистым (согласно классификации СНиП II I5-74), требуют защитного покрытия из непучинистых материалов слоем не менее глубины сезонного промерзания грунтов.

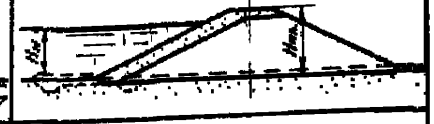
Песчаные грунты относятся к сильнофильтрующим, если фильтрационные потери не желательны – плотина должна иметь противофильтрационное устройство.

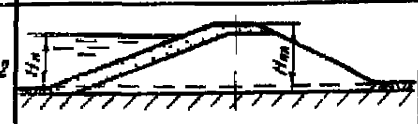
9.8. Для сопряжения плотины с основанием из плотных водонепроницаемых грунтов (глины, суглинки) удаляется только растительный грунт.

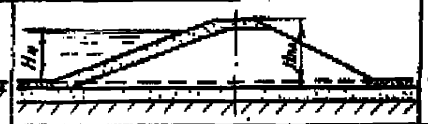
Если водоупорный слой основания залегает на глубине 2-5 м, плотину с основанием сопрягают зубом с заглублением его в водоупор. Величина заглубления зуба определяется расчетом. В остальной части основания удаляется только растительный грунт.

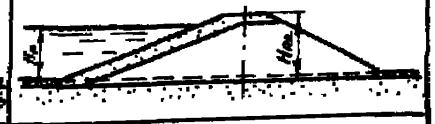




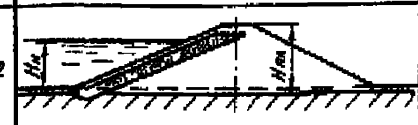


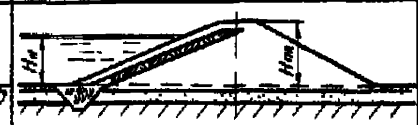


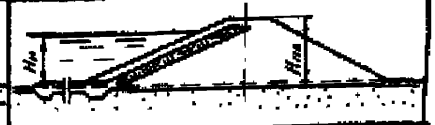




Грунты тела плотины, защитного слоя, материал противофильтрационных устройств.	$H_{пл.}$ м	$H_н$ м	Грунты основания - глина, суглинок, супесь	Грунты основания - песок, супесь легкая. подстилаемые водоупором на практически досягаемой глубине	Грунты основания - песок, супесь легкая. подстилаемые водоупором на практически недосягаемой глубине
Тело плотины: глина, суглинок, супесь Защитный слой песок средней крупности и крупный.	≤15	≤12			
Тело плотины: песок средней крупности и мелкий Защитный слой для плотин из песка мелкого - песок средней крупности и крупный	≤15	≤12			
Тело плотины: песок, за исключением пылеватого. Экран: глина, суглинок, супесь тяжелая. Защитный слой: песок средней крупности и крупный.	≤15	≤12			
Тело плотины: песок, за исключением пылеватого. Ядро: глина, суглинок, супесь	≤15	≤12			
Тело плотины: песок, за исключением пылеватого, супесь легкая Экран: пленка полиэтиленовая. Защитный слой: песок средней крупности и крупный.	≤15	≤12			
Тело плотины: песок за исключением пылеватого. Экран асфальтобетон	≤15	≤12			
Тело плотины: два или три вида грунта, ядро - из глины или суглинка	≤15	≤12			
Грунт основания торф, заторфованный грунт.					
Тело плотины суглинок, супесь, песок средней крупности и мелкий	≤10	≤8	$T_т \leq 3$ м	$T_т \leq 3$ м	

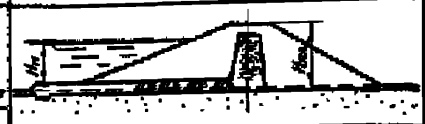


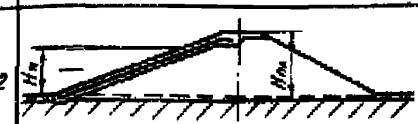




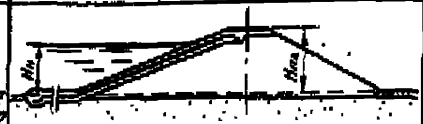


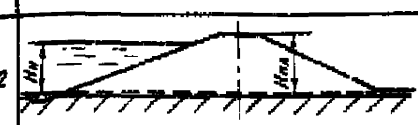


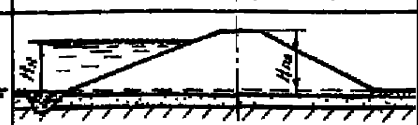


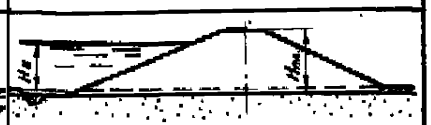


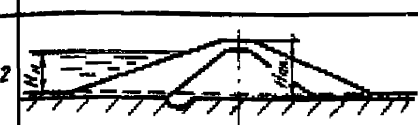




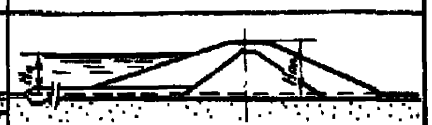


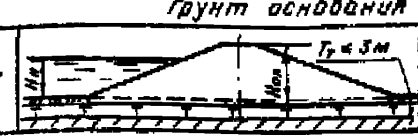














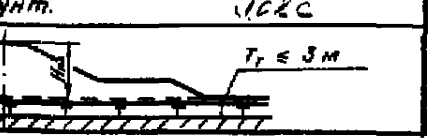


Рис. 91

При залегании водоупора в основании плотины на значительной глубине (более 5 м) в качестве противофильтрационного мероприятия возможно применение глинобетонных стенок, возводимых способом "стена в грунте" и шунтовой преграды, заглубляемой в водоупор не менее, чем на I м.

При глубине залегания водоупора свыше 5 м необходимо тип противофильтрационных мероприятий определять экономическим сравнением вариантов.

При залегании водонепроницаемого слоя в основании плотины на практически недосягаемой глубине защита от фильтрации осуществляется, как правило, понуром. Данные понура определяются фильтрационным расчетом.

9.9. Земляные плотины могут выполняться с креплением верхового откоса и без крепления – с уположенным волноустойчивым откосом.

Выбор варианта производятся в зависимости от высоты и наличия материала плотины на основании технико-экономических сравнений с учетом производственных возможностей.

9.I0. Для образования грунтовых противофильтрационных устройств (экранов, ядер, понуров, зубьев) следует применять маловодопроницаемые грунты (преимущественно глинистые) с коэффициентом фильтрации $K_ф \leq I0^{-4}$см/с. Содержание органических примесей не должно превышать I%, а водорастворимых солей – 6% по весу.

Для экранов и понуров плотин допускается использовать торф со степенью разложения не менее 50%.

9.II. Гребень проектируемой земляной плотины должен иметь некоторое превышение над максимальным расчетным уровнем, которое исключает возможность перелива воды через плотину. Возвышение гребня земляной плотины над расчетным уровнем воды определяется по формуле:

$$h_г = \Delta h + h_н + a, \qquad (9.I)$$

где $h_н$ – высота наката ветровой волны;

Δh – высота ветрового нагона волны;

a – запас высоты плотины.

Составляющие формулы определяются по зависимостям, приведенным в СНиП II 57-75 "Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)", а также в "Руководстве по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)" – СНиП II 58-76. ВНИИГ, Л., 1977 .

9.12. Нагрузка на крепление напорного откоса плотины также определяется по нормативным документам, указанным в п.9.11. Тип крепления определяется, в основном, наличием в районе строительства необходимых материалов и их наименьшей стоимостью.

Расчетная обеспеченность высоты волны принимается равной 1% при креплении бетонными плитами и 2% – при креплении каменной наброской.

9.13. Ширина плотины по гребню проектируется в зависимости от высоты плотины и наличия проезда по ней.

Если по плотине проезд не предусматривается, то ширина гребня принимается равной 3 м при $H_{пл}$= 6 м и 4 м при $H_{пл}$>6 м с учетом работы механизмов. Гребень плотины профилируется с уклоном 3-5% в обе стороны от оси плотины и засевается дернообразующими травами.

Проектирование дороги по гребню плотины – ширину проезжей части, тип и категорию дороги, тип ограждения и используемый материал следует принимать согласно СНиП II Д-5-72 "Автомобильные дороги".

Ограждения устанавливаются на обочинах, на расстоянии 0,5 м от края гребня.

Гребни плотин с малой интенсивностью движения автотранспорта могут обрабатываться по типу грунтовых дорог с придани ем им

поперечного уклона для стока атмосферных осадков за пределы проезжей части.

9.I4. Расчеты для обоснования параметров плотины пруда производятся в соответствии с требованиями СНиП II 53-73 "Плотины из грунтовых материалов" и положениями типовых проектов, указанных в п.9.4.

В сейсмических районах проверка устойчивости откосов плотин, принятых по типовому проекту, обязательна.

9.I5. В плотинах, проектируемых на водонепроницаемых основаниях, устройство дренажа является обязательным. Как исключение дренаж можно не предусматривать для небольших плотин с напором до 4 м при низком уровне стояния грунтовых вод. Для всех типов плотин, возводимых из песчаного грунта на водонепроницаемом основании с напором до 4 м и свыше, дренаж устраивается в обязательном порядке. Дренаж предусматривается в основании низового откоса.

Дренаж должен отвечать следующим требованиям:

обладать хорошей пропускной способностью и обеспечивать беспрепятственный отвод фильтрационных вод;

не допускать выноса частиц грунта из тела плотины фильтрационным потоком.

9.I6. Конструкция дренажа определяется типом плотины, геологическим строением основания и режимом уровней воды в нижнем бьефе. Для плотин прудов могут быть рекомендованы следующие типы дренажных устройств:

дренажная призма из каменной наброски;

внутренний каменный дренаж;

внутренний трубчатый дренаж;

внутренний гравийно-тюфячный дренаж;

наслонный дренаж из каменной наброски.

Наиболее распространенным и наиболее рациональным типом дренажного устройства является призма из каменной наброски с обратным фильтром со стороны плотины и основания призмы. В степных зонах возможно устройство трубчатого дренажа с фильтром.

Внутренний дренаж делают трубчатым или при отсутствии труб каменным или гравийно-тюфячным. Если воды в нижнем бьефе нет, вывод дренажа осуществляют в наиболее пониженную точку балки. При наличии воды выход коллекторов устраивают выше максимального уровня длительного стояния воды. На подтопленных участках плотины внутренний дренаж не рекомендуется. Прислонный дренаж применяется в плотинах для предохранения низового откоса от оплывов при выходе на него фильтрационного потока. Во всех случаях выход из дренажа должен исключать возможность обмерзания.

9.17. Фильтрационные расчеты плотин состоят из:

построения депрессионной кривой в теле плотины;

определения фильтрационного расхода через основание и тело плотины и в обход ее;

определения напоров (или градиентов) фильтрационного потока в теле плотины и основании, а также в местах выхода фильтрационного потока в дренаж, в нижний бьеф за подошвой низового откоса, в местах контакта грунтов с различными характеристиками и на границах противофильтрационных элементов.

Расчет плотин на фильтрацию производится после подбора основных элементов плотины (тип, сопряжение с основанием, высота, напор, ширина по гребню и т.д.).

9.18. Проектирование плотины с уположенными верховыми волногасящими откосами может осуществляться при определенных условиях, если:

высота плотины до 10 м, (ТП 820-0-5, Новосибирский ф-л ЦИТП);

имеется достаточное количество материала для отсыпки плотины;

существуют лучшие технико-экономические показатели по сравнению с другими вариантами.

В верховом клине плотины без крепления откосов нельзя применять глины, лессовидные и пылеватые грунты.

Водосбросные сооружения

9.19. Водосбросные сооружения предназначаются для пропуска воды, сбрасываемой из верхнего бьефа во избежание переполнения пруда (ГОСТ 19185-73). Некоторые типы водосбросов могут использоваться для полного или частичного опорожнения пруда, а также для рабочих попусков воды в нижний бьеф.

Тип и конструкцию водосбросных сооружений при земляных плотинах следует принимать по действующим типовым проектам (см.Перечень типовых проектов для водохозяйственного строительства. Москва, 1978), если нетиповое решение дает экономию менее 10% (СН 202-76 п.7.4).

9.20. Сброс воды за пределы пруда может быть осуществлен:

в соседнюю балку при кратковременных и редких попусках по естественному понижению рельефа, по соединительному каналу или с помощью направляющих дамб в обход плотины (в условиях трудно размываемых грунтов);

в нижний бьеф пруда по водосбросному сооружению бетонной и железобетонной, сборной или монолитной конструкции.

Возможность сброса потока в соседнюю балку без строительства сбросного сооружения капитального типа устанавливается в результате тщательных обследований и проектных проработок, при наличии требуемой пропускной способности намечаемого к использованию водоотводящего русла и технико-экономической целесообразности.

9.21. Водосбросы при земляных плотинах прудов, как правило, бывают двух типов: береговые и в теле плотины.

По конструктивному исполнению водосбросы подразделяются на открытые и трубчатые; по характеру пропуска потока - на автоматические или управляемые.

На прудах преимущественно предусматриваются водосбросы автоматического действия, обладающие:

большой надежностью в эксплуатации;

отсутствием необходимости в постоянном дежурстве эксплуатационного персонала;

доступностью для осмотра и ремонта.

Автоматические водосбросы прудов выполняются в виде:

открытого водослива автоматического действия с порогом на отметке НПУ;

трубчатого водосброса с сифонным или шахтным оголовком.

Управляемые водосбросы предпочтительны, когда:

недопустимо временное затопление площадей выше НПУ;

по условиям компоновки необходимо ограничивать ширину входного оголовка водосброса;

по условиям эксплуатации требуется быстрая сработка пруда;

очевидны их технико-экономические преимущества (с учетом эксплуатационных расходов) перед автоматическими водосбросами.

9.22. При выборе типа конструкции водосброса и при компоновке гидроузла следует учитывать:

топографические, геологические и гидрогеологические условия выбранного створа;

экономические показатели различных типов водосбросов (с учетом эксплуатационных расходов);

эксплуатационные требования заказчика к проектируемому пруду;

опыт применения и эксплуатации различных типов водосбросов в данном районе;

9.23. При проектировании водосбросов выполняются следующие расчеты:

определение отметки форсированного уровня при пропуске расхода расчетной обеспеченности (особенно для случаев автоматических водосбросов);

гидравлический расчет входной части водосбросного сооружения для определения его размеров;

гидравлический расчет подводящего канала (при его наличии);

гидравлический расчет сопрягающего сооружения (или трубопровода для трубчатых водосбросов) с определением поверхности воды (для быстротоков, перепадов и безнапорных труб);

гидравлический расчет гасителя принятой конструкции;

гидростатический расчет с определением давлений на все части сооружения;

статические расчеты отдельных элементов водосброса (прочность и устойчивость).

9.24. Береговые открытые водосбросы (автоматические или управляемые) располагаются, как правило, за пределами тела плотины вдоль склона какого-нибудь из берегов (рис.9.2). Обычно они состоят из следующих частей:

подводящего канала (I);

собственно водослива - входного оголовка (2) с ледозащитным устройством;

сбросного канала (3);

сопрягающего сооружения (4);

отводящего канала (5).

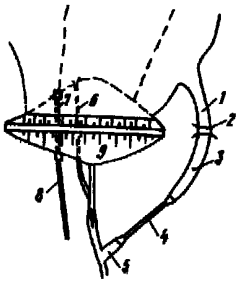


Рис. 9.2

Автоматический береговой водосброс может быть выполнен как с отдельным входным оголовком, так и без него. В последнем случае автоматичность действия водосброса обеспечивается устройством порога сопрягающего сооружения на отметке НПУ.

Входной оголовок береговых водосбросов в начале подводящего канала может устраиваться двух типов (фронтальный или траншейный). Выбор типа оголовка зависит от топографических условий и от общей компоновки водосброса. При значительной крутизне берегового склона и больших расчетных расходах фронтальный оголовок требует глубокой врезки в берег и больших размеров подводящего канала. Устройство фронтального оголовка связано обычно с искривлением начального участка подводящего канала.

В тех случаях, когда крутые склоны водотока не позволяют разместить широкую входную часть открытого автоматического водосброса, может быть применен траншейный входной оголовок.

Сливная часть такого оголовка размещается параллельно горизонтали берега без значительной врезки, что позволяет сократить объем земляных работ по сравнению с обычным типовым оголовком.

Возможность значительного расширения водосливного фронта при траншейном оголовке позволяет уменьшить отметку ФПУ, снизить высоту плотины и все сопутствующие этому объемы работ и затраты.

В открытых водосбросах автоматического действия при ограниченных возможностях подъема воды над НПУ и пологих склонах берега может оказаться целесообразным устройство входного оголовка с переменной шириной. При этом ширина оголовка на входе определяется допустимой величиной напора на пороге и в дальнейшем уменьшается до ширины быстротока.

Следует стремиться к тому, чтобы входной оголовок и подводящий канал водосброса располагались на коренном грунте, если же появится необходимость их посадки на насыпной грунт, то его следует укладывать с особой тщательностью при высоком качестве работ и контроле со стороны заказчика и проектной организации (по специальным техническим условиям).

Желательно, чтобы ось подводящего канала на входе в водосброс на длине не менее 5 В была прямолинейной и совпадала с осью сопрягающего сооружения (быстротока) с целью устранения сбойности потока.

Радиус закругления подводящего канала должен быть не менее 5-кратной ширины канала по урезу воды на отметке ФПУ. При расположении канала на косогорном участке следует предусматривать мероприятия по обеспечению устойчивости откосов.

Сопряжение отводящего канала с руслом нижнего бьефа должно быть плавным и прямолинейным.

9.25. Конструкция продольного разреза по тракту открытого берегового водосброса может быть выполнена по следующим схемам (рис.9.3):

сопряжение в виде канала (9.3,а) при малых уклонах дна и малых расходах (когда скорость течения не превысит размывающих скоростей для грунтов по трассе каналов) без крепления живого сечения; при более крутых откосах, но общим падением до 3 м с креплением живого сечения;

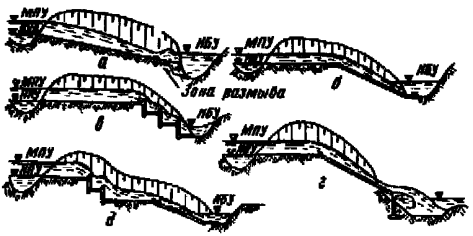


Рис. 9.3

сопряжение в виде быстротока (возможно, с участком канала (9,3,б), на который, как правило, расходуется меньше строительных материалов, они проще в строительстве и эксплуатации, требуют менее сложной конфигурации котлована под сооружение и могут выполняться из монолитного бетона или сборного железобетона.

Гашение энергии потока на быстротоке осуществляется путем устройства гасителей различного типа или путем допущения воронки размыва, в которой происходит гашение. В последнем случае на конце быстротока устраиваются консоли различной конструкции. В качестве гасителя энергии в конце быстротока применяется водобойный колодец. Применение консолей предпочтительно вследствие простоты конструкции и более низкой их стоимости.

Консольный участок должен выполняться из железобетона. При расчете консоли определяются длины отлета струи, глубина воронки размыва и границы ее распространения. Ближайшая к воронке опора консоли закладывается не менее чем на 0,5-1,0 м ниже отметки предельного размыва воронки.

В случае применения свайных опор расчеты следует производить на основании СНиП II-17-77 "Свайные фундаменты".

Снижение глубины воронки за консолью достигается путем выполнения концевого участка в виде раструба с ребрами-рассекателями с установкой на конце консоли наклонных зубчатых трамплинов.

Сопряжение в виде сосредоточенного перепада или многоступенчатого перепада (возможно с каналом, быстротоком – рис.9.3,в,г) целесообразно:

а) при весьма значительной крутизне склона, на котором должно быть построено сопрягающее сооружение;

б) в целях максимального сокращения размеров гасителя в конце сооружения.

Сосредоточенный перепад можно выполнять в виде быстротока с уклоном I:3–I:4 с водобойным колодцем.

Сопрягающее сооружение в виде перепада состоит из оголовка, ступеней перепада и выходной части. Как правило, перепад проектируется с вертикальными боковыми стенками. Оголовок перепада аналогичен оголовку быстротока и рассчитывается по формулам гидравлики.

Каждая ступень перепада представляет собой стенку падения и водобойный колодец, который заканчивается водобойной стенкой, переходящей в стенку падения следующей ступени.

Число ступеней перепада определяется расчетом из условия уклона местности и экономического обоснования.

Запас в высоте стенок над уровнем воды как при быстротоках, так и при перепадах принимается 0,5 м. Высота боковых стенок последней ступени и в концевой части лотка быстротока принимается не менее 0,8 м над уровнем воды в отводящем канале при пропуске расчетных расходов.

9.26. В отличие от автоматического управляемый береговой открытый водосброс (при том же составе частей сооружения) на входном оголовке (*шлюзе-регуляторе*) имеет затворы, с помощью которых регулируется величина сбрасываемого расхода воды и поддерживается требуемый горизонт воды в верхнем бьефе (схема такого сооружения показана на рис.9.4).

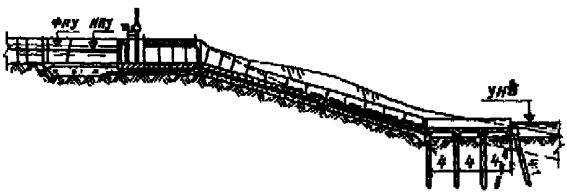


Рис.9.4

При проектировании таких водосбросов рекомендуется:

напор на затворах принимать не более 4,0÷5,0 м;

отметку верха устоев принимать на отметке верха плотины, но не менее 0,5 м над ФПУ;

в качестве затворов применять наиболее распространенные (сегментные, плоские, затворы с клапанами и т.д.);

сопряжение с нижним бьефом и гашение энергии потока осуществлять по аналогии с автоматическим береговым открытым водосбросом.

9.27. Гидравлические расчеты для водосбросов следует выполнять на основании широкоизвестных справочных пособий, например, "Справочник по гидравлическим расчетам" под редакцией П.Г.Киселева.

Порядок и методика выполнения статических расчетов, а также коэффициенты запаса на устойчивость и допускаемые напряжения для различных материалов и грунтов определяются на основании действующих технических условий и норм.

Статическими расчетами сопрягающих сооружений определяются толщина стен и днища различных элементов запроектированного сооружения, глубина заложения и размеры опор. Силами, действующими на элементы сопрягающего сооружения и гасителя, являются:

давление грунта с внешней стороны стенок при отсутствии воды внутри с учетом временной нагрузки на поверхность грунта;

давление воды на боковые стенки изнутри (при отсутствии засыпки за стенками);

взвешивающее давление фильтрационного потока на днище, а также давление со стороны грунтовых вод;

давление воды, протекающей по сооружению, на днище и боковые стенки (при опирании сооружения на отдельные опоры);

динамическое давление воды на гасящие стенки и вертикальные пороги при глубине набегающего потока меньше критической;

прочие силы, действующие на элементы сооружения, в зависимости от его конструкции, условий возведения и эксплуатации (например, силы морозного пучения);

9.28. Трубчатые водосбросы, как правило, целесообразнее открытых. К преимуществам этих сооружений относятся:

отсутствие подводящего канала – сложного элемента сброса и места скопления больших масс снега, мусора, удаление которых связано с трудоемкими ежегодно повторяющимися работами;

возможность сквозного проезда по плотине без устройства моста;

предельно малая длина сбросного тракта от места водозабора до выхода потока в нижний бьеф;

возможность совмещения функций водосброса и водовыпуска, сработки емкости в необходимые сроки при устройстве в шахте донного щитового отверстия;

возможность использовать трубчатый водосброс для пропуска строительных расходов.

В состав трубчатых водосбросов обычно входят: ледозащитное устройство, оголовок, трубопровод и гаситель (рис.9.5).

Отдельные виды трубчатых водосбросов имеют подводящий и отводящий каналы. Некоторые виды водосбросов не нуждаются в специальном ледозащитном устройстве.

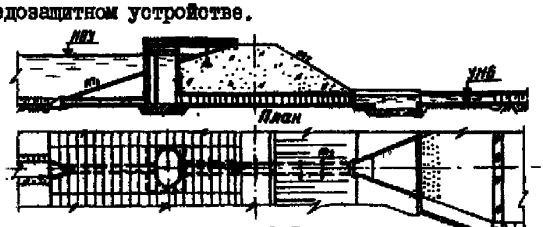


Рис. 9.5

Трубчатые водосбросы подразделяются на следующие типы:

наклонные с открытым оголовком, автоматические – с расположением входного порога на отметке НПУ и управляемые – с затворами на пороге;

сифонные;

донные: с шахтным оголовком (автоматические) и с башенным оголовком (управляемые).

Трубчатые водосбросы шахтного или ковшового типа располагаются обычно в теле плотины; глубина врезки водосброса в бортовую часть плотины при этом ограничивается требованиями расположения основания сооружения на грунте ненарушенной структуры.

Трубчатые сифоны располагаются в плечевой или пойменной части плотины, где толщина насыпи в горловом сечении сифона не превышает 3 м, уплотнение этого слоя насыпи под трубой должно производиться особо тщательно.

9.29. Трубчатые водосбросы, как правило, выполняются из железобетонных труб круглого или прямоугольного сечения. Для наклонных трубчатых водосбросов и сифонов допустимо применение асбестоцементных труб. В отдельных случаях возможно применение круглых стальных труб (при специальном обосновании).

Трубчатые водосбросы устраиваются в одну или несколько ниток при сбросных расходах до 30 $м^3/с$. При больших расходах возможно применение трубчатых водосбросов прямоугольного сечения из железобетона (одно-, двух- и трехочковых). Число ниток должно быть минимальным с учетом параметров труб, а трасса трубчатых водосбросов должна быть по возможности прямолинейна. Концевое сечение трубопровода следует располагать от самой близкой точки подошвы низового откоса на расстоянии:

не ближе 5 м при устройстве водобойного колодца;

не ближе 20 м при консольном сопряжении.

9.30. Трубчатые водосбросы должны рассчитываться только на напорный или безнапорный режимы истечения потока. Выходное сечение водосброса может быть открытым или затопленным.

При проектировании трубчатых напорных водосбросов с затопленными выходными сечениями труб в качестве гасителей энергии целесообразно применение водобойного колодца с расширением в плане в сочетании с растекателями и шашечными гасителями, которые обеспечивают устранение сбойности течения в пределах гасителя и равномерное распределение скоростей в потоке, поступающем на рисберму и в отводящее русло.

При проектировании трубчатых напорных сбросов с истечением в атмосферу, кроме указанных типов гасителей, может применяться сопряжение с обратным уклоном дна концевого участка труб и разбрызгивающим насадком, но при условии, если воронка размыва не повлияет на устойчивость и нормальную работу других сооружений.

9.31. Трубчатый сифонный водосброс работает как автоматический с напорным движением воды и обладает высокой пропускной способностью.

Однако такой водосброс имеет ряд недостатков:

возможность образования ледяных пробок во входной части трубы, в связи с чем уровень стояния воды в пруде в зимний период должен быть ниже входного сечения трубы сифона;

потребность в специальных устройствах, обеспечивающих зарядку и разрядку сифона;

минимальный напор на плотине должен быть не менее 4 м.

9.32. Входную часть труб сифона следует устраивать с плавным расширением. Заглубление верхней кромки входного сечения под НПУ обычно принимают 0,7÷1,0 м. Гребень сифона должен возвышаться над уровнем НПУ на 0,3÷0,5 м.

Автоматическое отключение сифона обеспечивается специальным устройством (клапаном), воздухоподводящая трубка которого должна быть защищена от действия волн.

Зарядка и устойчивая работа сифона возможна как при истечении под уровень, так и в атмосферу. При истечении в атмосферу для зарядки сифона необходима укладка концевой части труб с обратным уклоном.

Гашение энергии за сифонными водосбросами может осуществляться аналогичными способами с трубчатыми напорными водосбросами, приведенными в п.9.30.

9.33. Шахтный водосброс представляет собой трубчатый водосброс с шахтным оголовком (см.рис.9.5), гребень которого устраивается на отметке НПУ. Шахтный водослив обычно выполняется круглого или овального очертания в плане (редко прямоугольного), отвод воды от шахты осуществляется одной или несколькими трубами. Гашение энергии потока в нижнем бьефе осуществляется посредством водобойного колодца, водобойной стенки и т.д. Водосброс проектируется преимущественно из бетонных или железобетонных конструкций.

По гребню шахты для предупреждения от попадания в шахту различных плавающих предметов следует располагать металлическую решетку. Для опорожнения пруда в нижней части шахты делается отверстие, которое в обычных условиях перекрывается затвором. Осмотр и ремонт шахты ведется со служебного мостика, соединяющего гребень плотины с шахтой.

Шахтные водосбросы проектируются для напоров от 3 до 10–12м и могут пропускать расходы от 20 до 100 $м^3/с$ при повышении уровня над НПУ до 1,5 м.

9.34. Башенные водосбросы применяются в случае необходимости устройства, наряду с водосбросом, также и донного трубчатого водовыпуска, обеспечивающего более полную сработку пруда и в более короткий срок, чем при использовании обычных водовыпусков.

Управляемые водосбросы такого типа с напором до 10–12 м применяются нередко, однако они имеют некоторые недостатки:

сложность конструкции оголовка в связи с наличием двух затворов (основного и ремонтного), а также подъемных устройств;

необходимость постоянного присутствия эксплуатационного персонала.

Гидравлический расчет башенного водосброса аналогичен расчету трубчатых водосбросов с напорным или безнапорным движением в трубах.

Башенный водосброс может включаться в работу при опорожненном пруде одновременно с началом паводка, и это может увеличить регулирующее действие пруда. Однако в гидравлических расчетах рекомендуется принимать предварительное наполнение пруда до НПУ при закрытых затворах.

При проектировании следует учитывать, что для данного типа водосброса превышение ФПУ над НПУ не должно быть значительным во избежание чрезмерного увеличения высоты башни, однако окончательное решение следует принимать в соответствии с экономической целесообразностью.

9.35. На водосбросах, подверженных воздействию ледовых образований (на прудах многолетнего регулирования, на прудах, заполняющихся в период ледохода и т.д.), следует в обязательном порядке предусматривать ледозащитные устройства. Типы ледозащитных устройств выбираются в зависимости от возможной толщины льда, глубины воды и ширины по дну в выбранном сечении. Как правило, применяются разработанные типовые конструкции (плавучие боны, свайные ледозащитные стенки, плавучие запони) например, тип.пр. 920-0-4 "Ледозащитные устройства для водосбросных сооружений", Ленгипроводхоз. Распространяет Новосибирский ф-л ЦИТП .

9.36. Водоспуски (гидротехнические сооружения для опорожнения водохранилища) и водовыпуски (гидротехнические сооружения для осуществления попусков из верхнего бьефа водоема) на прудах могут быть трубчатыми, устраиваемыми, как правило, в теле плотины, и сифонными.

Диаметр трубопровода водоспуска при этом определяется из условий:

обеспечения заданных сроков опорожнения пруда при известном расходе притока в период опорожнения;

обеспечения подачи расчетных расходов в нижний бьеф при горизонте воды в пруде близком к УМО.

Водовыпуск обычно следует располагать так, чтобы подавать воду потребителю самотеком. Вместе с тем возможна подача воды потребителю механически, подключив его к всасывающему патрубку насоса, установленного в нижнем бьефе.

Водовыпуски и водоспуски в конструктивном отношении аналогичны водосбросам, их проектирование следует вести на основании действующих типовых проектов.

10. РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРУДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

10.1. Пруды сельскохозяйственного назначения, равно как и другие водоемы, следует использовать для рыбоводства, целесообразность которого устанавливается в результате технико-экономических расчетов.

Необходимость выполнения проектно-изыскательских работ устанавливается заданием, которое должно быть согласовано с рыбохозяйственными организациями для обеспечения хозяйства рыбопосадочным материалом.

Использование прудов в рыбохозяйственных целях позволит повысить эффективность капиталовложений и получить дополнительно ценную пищевую продукцию.

10.2. При разработке рыбоводной части проекта пруда комплексного назначения необходимо руководствоваться "Нормами технологического проектирования прудовых рыбоводных хозяйств", утвержденными Минрыбхозом СССР 1975 г., а также "Временными рекомендациями по рыбохозяйственному использованию комплексных водоемов", утвержденными Минводхозом РСФСР.

По вопросу качества воды следует руководствоваться рыбоводными нормативами, а также "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами", Минводхоз СССР (№ 1166, 16.05.74, Москва, 1975).

10.3. Наиболее приемлемой формой рыбоводного использования пруда является полуинтенсивная. При этой форме ведется частичная подкормка рыбы местными кормами. Для этого пруд должен быть полностью спускным т.е. оборудован донными водоспусками; ложе пруда спланировано согласно рыбоводным нормативам; пруд должен иметь рыбоуловитель.

10.4. На водовыпускающих сооружениях следует предусматривать рыбозащитные сооружения, препятствующие попаданию в водоем хищной рыбы.

10.5. Площадь зеркала на уровне мертвого объема комплексных водоемов, используемых для рыборазведения, должна составлять 30–40% от площади на уровне НПУ.

10.6. Обычно в прудах сельскохозяйственного назначения разводят и выращивают карпа с двухлетним оборотом (товарный карп). Вместе с тем рационально выращивание в поликультуре других добавочных рыб (растительноядных и др.), обеспечивающих более полное использование кормов и давших разнообразную

продукцию. Растительноядные рыбы (белый амур) производят очистку пруда от растительности.

Продуктивная площадь пруда рассчитывается с учетом снижения уровня воды в поливной период. При этом необходимо исходить из условия, чтобы во второй половине лета глубины прудов оставались в пределах норм.

I0.7. Затраты на проектирование и строительство комплексного пруда должны быть отнесены за счет средств сельского хозяйства.

I0.8. Проектная документация на комплексный пруд подлежит согласованию с органами рыбоохраны.

II. РЕКРЕАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

II.I. Искусственные водоемы, кроме основной своей хозяйственной функции, целесообразно использовать и для организации отдыха населения, тяготеющего к проектируемому объекту.

II.2. Общие перспективы и вид рекреационного использования прудов определяются основным их назначением и зависят от размеров, глубин, режима работы, гидрохимических особенностей, месторасположения и пр.

Пруды сельскохозяйственного назначения, режим которых определяется потребностями орошения, из-за небольших объемов чаши и больших колебаний горизонтов воды в летнее время, могут быть использованы для рекреационных целей в ограниченных пределах, в основном, для кратковременного отдыха местного населения.

II.3. Для организации зоны отдыха у пруда предусматривается:

устройство подъездной дороги с твердым покрытием к месту отдыха;

организация площадок для отдыха и спортивных игр в береговой полосе;

озеленение зоны пруда, намеченной для отдыха;

устройство детской площадки, где предусматриваются ящики с песком, качалки, горки и другие несложные сооружения;

строительство помещения складского типа для хранения спортивного и прочего инвентаря базы отдыха;

для прудов площадью более 5 га - организация проката прогулочных лодок и строительство плавучего причала для лодок;

строительство помещения легкого типа для оборудования продуктового ларька и комнат для медпункта и дежурного администратора;

строительство выгребной уборной;

установка бачков для питьевой воды и мусорных ящиков.

В целях безопасности, в местах купания границы заплыва должны быть обозначены заякоренными поплавками.

II.4. Территория пруда, используемая для рекреационных целей, должна быть спланирована, очищена от мусора, пней и др.

II.5. Озеленение береговой полосы пруда должно производиться в увязке с ландшафтной архитектурой пруда окружающей его территории.

II.6. При выборе места для пляжа следует руководствоваться следующими требованиями:

пляж проектируется на солнечной стороне, не затененной деревьями;

глубина воды в местах купания должна быть: для детей 0,7-I,3 м ; для взрослых, не умеющих плавать, до I,5 м и для умеющих плавать - не менее I,5 м;

дно водоема в местах купания должно иметь уклон не более I:5, быть плотным, неилистым, свободным от тины и водорослей;

при связных грунтах берега и дна необходимо производить отсыпку песка или гравия слоем 30-40 см; песчано-гравийный слой распространяется на участок пруда ниже расчетного минимального уровня не менее чем на 20 м.

II.7. Норма площади собственного пляжа должна быть около 2 $м^2$ на человека.

II.8. Площадь водной поверхности на одного купающегося рассчитывают, исходя из нормы 4,5–6 м^2.

II.9. Качество воды в пруде должно соответствовать требованиям "Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами".

II.IO. При проектировании рекреационных мероприятий следует руководствоваться "Рекомендациями для проектирования рекреационных мероприятий при водохозяйственном строительстве", разработанными Союзводпроектом в I972 г.

II.II. Затраты на рекреационные мероприятия должны нести все заинтересованные ведомства в зависимости от их долевого участия.

I2. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

I2.I. При проектировании прудов должна быть произведена оценка влияния пруда на окружающую природную среду и намечены мероприятия по предотвращению либо сокращению отрицательного воздействия.

I2.2. Строительство пруда может вызвать следующие неблагоприятные последствия:

затопление ценных сельскохозяйственных и других угодий или нарушение их целостности вследствие подтопления, переработки берегов, отвода территории под строительство сооружений и пр.;

изменение продуктивности сельскохозяйственных угодий, лесных массивов, смену естественных растительных ассоциаций вследствие подтопления или изменения режима затопления паводковыми водами пойменных земель;

изменение условий обитания животных в результате изменения водного режима водоисточника, смены естественной растительности;

ухудшение санитарно-гигиенических условий вследствие подтопления, образования мелководий и изменения условий водообмена в водоисточнике;

изменение ландшафтных условий, ликвидацию излюбленных мест отдыха, живописных уголков природы.

По всем вопросам в проекте должен быть дан прогноз изменения окружающей среды, по возможности – произведена оценка ожидаемых последствий и намечены конкретные мероприятия.

Часть этих мероприятий приводится в последующих пунктах.

I2.3. Целесообразность затопления различных сельскохозяйственных угодий, лесных массивов и пр. следует обосновать технико-экономическими расчетами. Кроме того, необходимо оценивать целесообразность сокращения мелководий путем обвалования.

I2.4. При неблагоприятных последствиях от подтопления на сельскохозяйственных угодиях необходимо предусматривать рациональное изменение использования угодий либо осушительные мероприятия при технико-экономическом обосновании.

I2.5. В целях сохранения благоприятного водного режима ранее затопляемых пойменных лугов в нижнем бьефе, необходимо предусматривать специальные попуски, лиманное либо другое орошение.

I2.6. Если в результате строительства пруда изменяется режим водоисточника и почвогрунтов в пределах охотничьего хозяйства, то проектируемые мероприятия должны быть согласованы с Управлением охотничьего хозяйства и обществом охраны природы.

I2.7. Характер и степень возможного влияния водоема на объекты и памятники истории материальной культуры устанавливаются путем специального обследования.

Охраняемые государственные памятники архитектуры подлежат, как правило, выносу из зоны влияния прудов и восстановлению на новом месте. Памятники особой важности подлежат инженерной защите.

В случае технической невозможности или нецелесообразности переноса или инженерной защиты памятника архитектуры, до заполнения

пруда производится детальная научная фиксация памятника с изготовлением макетов и снятием отдельных фрагментов в зависимости от их ценности.

I2.8. Снятый с основания сооружения растительный грунт должен быть использован для рекультивации прилегающей территории либо в низовом откосе плотины при креплении ее засевом трав.

I2.9. В целях борьбы с возможным всплыванием торфяников в проектах должны рассматриваться мероприятия, подлежащие осуществлению до заполнения пруда;

форсированная выработка торфа;

пригрузка торфяников минеральным грунтом.

I2.I0. В трехкилометровой зоне от постоянных и временных населенных пунктов должны быть предусмотрены меры:

по устранению заболоченности;

по засыпке и планировке карьеров для предупреждения образования анофелогенных водоемов.

I2.II. В случае возможности возникновения на берегах пруда оползней, обвалов, а также размыва берегов при сработке пруда необходимо предусматривать проектирование защитных мероприятий.

I2.I2. В качестве мероприятий по защите берега пруда следует предусматривать посадку лесополос.

При проектировании лесополос следует руководствоваться "Эталоном технорабочего проекта создания лесных насаждений по берегам водохранилищ", составленным Союзгипролесхозом и утвержденным Государственным комитетом лесного хозяйства Совета Министров СССР 2 мая I972 г.

I2.I3. В зоне ожидаемой переработки берегов (но не менее 200 м) от уреза воды при НПУ запрещается какое бы то ни было строительство, кроме водопроводных сооружений, пристаней купален.

I2.I4. При рыбохозяйственном использовании прудов по вопросу зоны санитарной охраны следует руководствоваться письмом министерств сельского хозяйства, рыбного хозяйства, мелиорации и водного хозяйства от 3I августа I972 г.

I2.I5. Рекомендации по обеспечению надлежащего качества воды на период эксплуатации пруда разрабатываются в техническом (технорабочем проекте).

I2.I6. Исходным материалом для рекомендаций по обеспечению требуемого качества воды является прогноз воды, составляемый на основании данных санитарного обследования зоны пруда. При прогнозировании санитарного состояния за критерий принимаются требования и нормативы "Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" (№ II66, утверждены зам.министра Минводхоза СССР, зам.министра рыбного хозяйства, главным государственным санитарным врачом СССР I6 мая I974 г.).

I2.I7. В прогнозе должны быть учтены все источники загрязнения.

I2.I8. Среди мероприятий по охране прудов от загрязнений следует предусматривать:

канализацию стоков с обязательной их очисткой;

сохранность естественной структуры почвы и природных биоценозов на берегах прудов, создание водоохранных зон с целью уменьшения эрозии почв и заиления;

улучшение культуры агротехники сельскохозяйственных территорий на берегах прудов, способствующей уменьшению поступления в пруд минеральных и органических удобрений и пестицидов.

I2.I9. В целях борьбы с преждевременным заилением прудов в зависимости от местных условий, в проекте необходимо предусматривать следующие мероприятия:

проектирование мертвого объема пруда с учетом объема будущих отложений наносов за расчетный период;

устройство по склонам водосбора нагорных валиков с пологими откосами, не мешающими обработке полей;

укрепление оврагов, тяготеющих к пруду;

посадка прерывистых кустарниковых илофильтров перед верховьем пруда по тальвегу и его отрогам;

посадка береговых защитных лесополос вокруг пруда 10-20-метровой полосой в 6 м от НПУ с 30-метровыми разрывами для проветривания прохода и проезда к пруду. Места разрыва согласовываются заказчиком.

12.20. При разработке мероприятий по охране окружающей среды следует руководствоваться "Руководством по разработке раздела "Охрана окружающей среды" в составе проекта мелиорации земель" (1981г.).

13. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРУДОВ

13.1. Для технической эксплуатации прудов и их сооружений предусматривается специальная эксплуатационная служба.

Основными задачами службы эксплуатации являются:

систематический надзор за состоянием сооружений пруда;

текущий ремонт сооружений;

своевременное выявление причин, которые могут привести к тем или иным деформациям и ликвидация этих причин, устранение происшедших разрушений;

обеспечение подачи необходимого количества воды водопотребителям в соответствии с графиком потребления;

обеспечение безаварийного пропуска паводка;

проведение мероприятий по подготовке к зимней эксплуатации пруда;

регулярное измерение уровней воды в верхнем и нижнем бьефах, а также расходов воды потребителями и попусков в нижний бьеф;

ведение журнала состояния сооружений и ремонтных работ;

ведение паспортов (журнала) на каждое сооружение пропускной способностью более 0,5 $м^3/с$.

I3.2. Одновременно с составлением технического (технорабочего) проекта должны быть составлены указания по эксплуатации пруда.

В указаниях приводятся следующие материалы:

состав обслуживающего персонала и его обязанности;

паспорта всех сооружений пруда;

топографическая характеристика пруда;

характерные уровни в пруде;

кривые связи расходов и уровней в нижнем бьефе;

расчетные гидрографы водотока обеспеченностью 50,75,95% (если они имелись в проекте);

размеры гарантированных санитарных попусков в нижний бьеф;

графики пропускной способности всех водопропускных сооружений;

режим работы сооружений в различные периоды эксплуатации;

правила маневрирования затворами;

перечень необходимого оборудования, механизмов, инструментов, аварийного запаса материалов;

рекомендации по предпаводковой подготовке сооружений и конструкции сооружений на зимний период;

рекомендации по содержанию сооружений, выполнению текущего ремонта и своевременной ликвидации аварийной обстановки.

I3.3. В указаниях должны быть разработаны в увязке с водохозяйственными расчетами диспетчерские графики наполнения и сработки прудов.

Должен быть установлен минимальный горизонт в пруде, при достижении которого следует переходить на ограниченную водоотдачу с обеспечением гарантированных санитарных попусков в нижний бьеф.

I3.4. Эксплуатационной службе передаются:

материалы проекта;

акт приемки и испытания сооружений;

исполнительные чертежи, журналы работ, акты скрытых работ;

данные лабораторных испытаний грунтов и образцов бетона, уложенных в тело плотины и сооружения;

схема расположения и каталог постоянных реперов, наблюдательных скважин с указанием их привязки к плановым опорным пунктам и реперам.

I3.5. Состав эксплуатационного персонала пруда зависит от его назначения, количества потребителей, размеров пруда, количества, состава и степени автоматизации сооружений и принимается в соответствии с "Временными типовыми штатными нормативами руководящих, инженерно-технических и служащих водохозяйственных эксплуатационных организаций системы Минводхоза СССР".

I3.6. Передача в эксплуатацию законченных строительством прудов производится только после заполнения чаши и пропуска первого-весеннего или летнего (особенно в южных районах) паводка.

I3.7. Наполнение и опорожнение пруда следует производить медленно:

при наполнении не более 0,5 м/сут;

при опорожнении не более I,0 м/сут.

Первоначальное наполнение производится с указанной скоростью с перерывами на 2-3 сут после каждого заполненного метрового слоя.

Желательно в первый год эксплуатации наполнение производить на $\frac{2}{3}$ напора для выявления недостатков в работе сооружений и стабилизации сооружения при неполном напоре.

В период наполнения и опорожнения ведется систематический надзор за состоянием всех сооружений.

При появлении аварийных признаков наполнение прекращают и опорожняют водоем до устранения опасных явлений. Выясняется и фиксируется причина.

I3.8. Повышение горизонта воды в пруде выше установленного проектом не разрешается.

I3.9. Одним из наиболее ответственных периодов в эксплуатации пруда является пропуск паводка.

На этот период должно быть организовано круглосуточное дежурство. Сооружения должны быть освобождены от снега и льда, должен быть заготовлен аварийный запас материалов.

I3.I0. К мероприятиям по предупреждению быстрого заиления мертвого объема пруда относятся:

запрещение поперечной распашки склонов;

заботливый уход за лесопосадками на склонах и в верховьях;

незамедлительное выполнение работ по закреплению действующих оврагов на водосборе, тяготеющем к пруду в экономически целесообразном объеме.

I3.II. При плотинах высотой более 5 м необходимо предусматривать устройство пьезометров. Пьезометры необходимо предусматривать в одном-двух створах в количестве не менее трех пьезометров на каждом створе.

I4. СОГЛАСОВАНИЯ

I4.I. Проект пруда на различных этапах проектирования подлежит согласованию с заинтересованными организациями.

I4.2. На стадии получения задания на проектирование подлежат согласованию основные принципиальные вопросы, определяющие необходимость и возможность строительства пруда.

В зависимости от стоимости строительства объекта и подчиненности проектирующей организации согласования проводятся с:

Минводхозом республики, Облводхозом (Объединенной дирекцией);

Министерством сельского хозяйства, Областным управлением сельского хозяйства;

Управлением водных проблем и водопользования Минводхоза республики, бассейновым территориальным управлением по регулированию использования и охране вод;

бассейновым управлением по охране и воспроизводству рыбных запасов и регулированию рыболовства[x].

I4.3. На стадии обследования и выбора створа согласования проводятся с :

хозяйствами, на территории которых будет располагаться объект; районным управлением сельского хозяйства – по вопросу местоположения пруда;

районной санэпидстанцией – о возможности строительства пруда и комплекса сооружений гидроузла на выбранной площадке;

районным архитектурным управлением;

областным управлением лесного хозяйства – о возможности сводки леса в зоне затопления проектируемого пруда.

I4.4. В процессе проектирования необходимо проведение согласований и получение технических условий со следующими организациями:

облэнерго, районным управлением связи – по вопросам переноса из зоны затопления и подтопления воздушных и кабельных линий электропередач и связи и подключения к ним проектируемых объектов;

районными управлениями магистральных газопроводов, водопроводных и канализационных сетей – по вопросам переноса из зоны затопления и подтопления;

---

x/ Местонахождение и районы действия бассейновых управлений рыбоохраны приведены в письме Главрыбвода № 30-I-II от I5 июля I974 г.

областным управлением строительства и эксплуатации автомобильных дорог – по вопросу переноса и пересечений;

организациями и предприятиями, имеющими сооружения в зоне затопления и подтопления, – по вопросам переноса, защиты либо возмещения убытков;

управлением рыбоохраны – по вопросу получения технических условий при рыбохозяйственном использовании пруда;

облисполком – по вопросу карьеров местных строительных материалов;

обществами охраны окружающей среды, охраны памятных мест и памятников;

другими ведомствами (в случае необходимости).

По вопросам, не затрагиваемым строительством пруда, согласования не проводятся.

I4.5. Законченная проектно-сметная документация согласовывается:

со всеми вышеперечисленными заинтересованными организациями;

с генподрядной строительной организацией.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Характеристика категорий сложности инженерно-геологических и гидрогеологических условий

Категория сложности	Общие признаки сложности для участков плотин, прудов и других сооружений	Дополнительные признаки для прудов
1	2	3
I – простая (несложная)	Районы простого геоморфологического и геологического строения с несложным комплексом осадочных пород или с однообразными изверженными породами. Залегание пластов горизонтальное или пологое. Формы рельефа несложные, хорошо прослеживаемые. Резкие проявления физико-геологических процессов отсутствуют. Нарушения в залегании пород, переувлажненные, очень водопроницаемые и сильносжимаемые грунты отсутствуют или имеют весьма ограниченное распространение и малую мощность (< 3 м). Сейсмичность не превышает 6 баллов. Грунтовые воды одновременного химического состава приурочены к пластам однородных пород и позволяют проектировать сооружения без учета влияния этих вод на условия производства работ.	Фильтрация, затопление, подтопление и переработка берегов не угрожают объектам народного хозяйства

I	2	3
	Районы, сложенные разнообразными осадочными и изверженными породами. Взаимоотношения между осадочными и изверженными породами простые.	
II–средней сложности	Залегание пластов горизонтальное, моноклинальное или в виде простых пологих складчатых структур. Формы рельефа эрозионно-аккумулятивные с многочисленными или неясно выраженными террасами. Резкие проявления физико-геологических процессов отсутствуют. Грунтовые воды приурочены к неоднородным породам и различны по химическому составу: как правило, напором не обладают, но местами могут подпитываться напорными водами, преимущественно не агрессивны по отношению к сооружениям. Районы первой категории с широким развитием физико-геологических явлений, влияющих на инженерно-геологические условия местности или с широким развитием по-	Фильтрация, затопление, подтопление и переработка берегов частично угрожают объектам народного хозяйства

I	2	3
	род, отличающихся низкой несущей способностью, высокой сжимаемостью и водопроницаемостью (мощностью 3–4 м).	
Ж–сложная	I. Районы с комплексом разнообразных пород сложного литологического состава. Метаморфические, эффузивные, интрузивные породы. Развиты складчатые и разрывные нарушения. Преобладают горные или предгорные формы рельефа. Различные типы грунтовых и напорных вод со сложными условиями залегания, обладающие различным химическим составом и агрессивностью по отношению к проектируемым сооружениям.	Фильтрация, затопление и переработка берегов угрожает объектам народного хозяйства
	2. Районы второй категории со сложной труднокартируемой тектоникой, с широким развитием физико-геологических явлений или сильносжимаемых, переувлажненных глинистых иловатых и торфяных грунтов (> 4–5 м). Высокая водопроницаемость, трещиноватость, развитие оползней, суффозии, карс-	

I	2	3
	та, мно. .етней мерзлоты и других явлений, влияющих на инженерно-геологические условия местности.	

Основание: Сборник цен на проектные и изыскательские работы для строительства, ч.I, разд.3, Госстрой СССР, 1967, с дополнениями из инструкции И-34-61,ч.II, Госэнергоиздат, 1962.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Масштабы инженерно-геологических исследований для различных объектов изысканий на проектируемых прудах в зависимости от сложности природных условий и стадий проектирования

Категория сложности	Технический проект					Технорабочий проект				
	Гидроузел		Участки акватории пруда и защитных береговых сооружений			Гидроузел		Участки акватории пруда и защитных береговых сооружений		
	для выбора участков гидроузла	на выбранном участке гидроузла	для выбора участков	на выбранных участках		для выбора участка гидроузла	на выбранном участке гидроузла	для выбора участков	на выбранных участках	
				акватории	защитные береговые сооружения				акватории	защитные береговые сооружения
I	-	-	-	-	-	I:I0000-I:5000	I:5000-I:2000	I:25000-I:I0000	I:I0000	I:I0000
II	I:5000	I:2000	I:25000	I:I0000	I:I0000 - I:5000	-	-	-	-	-
III	I:5000	I:2000	I:25000-I:I0000	I:I0000	I:I0000 - I:5000	-	-	-	-	-

Примечание: В таблице приведены наиболее часто применяемые масштабы инженерно-геологических съемок, которые в отдельных случаях могут быть приняты на одну ступень крупнее или мельче указанных (при малых площадях принимаются соответственно более крупные масштабы).

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Количество точек наблюдений на I км^2 инженерно-геологических изысканий в зависимости от масштаба исследований и категории сложности

Масштаб исследований	Категория сложности	При отсутствии геологических карт требуемых масштабов				Примечания
		общее количество точек	из них разведочных выработок при обнаженности			
			хорошей	удовлетворительной	плохой	
1	2	3	4	5	6	7
I:25000	I	6	0,3	I,2	2,4	1.При инженерно-геологических изысканиях, выполняемых на имеющихся геологических картах требуемого масштаба, количество разведочных выработок уменьшается в 2 раза
	II	8	0,4	1,6	3	
	III	10	0,5	2	4	
I:10000	I	I4	0,7	3	6	
	II	26	1,3	5,5	II	
	III	34	1,7	6,8	14	
I:5000	I	40	I0	I5	20	2.Точкой наблюдения считаются: выработка, водопункт, обнажение, геоморфологическая точка
	II	70	17	26	35	
	III	I00	25	37	50	

I	2	3	4	5	6	7
I:2000	I	200	50	75	100	
	II	350	87	128	175	
	III	500	125	187	250	
I:I000	I	600	150	225	300	
	II	1150	287	430	575	
	III	1500	375	560	750	

Основания: I. Сборник цен на проектные и изыскательские работы для строительства, ч.I, табл.I62, Госстрой СССР, М.,I967.

2. Инструкция и краткие методические указания по крупномасштабной съемке для гидроэнергетического строительства (П-I07-66). Изд-во "Энергия", I966.

3. Указания по камеральной обработке материалов и составлению технических отчетов по инженерно-геологическим изысканиям для гидротехнического строительства. ЛО Гидропроект. Л., I967.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Ориентировочные расстояния и глубины выработок на участках проектируемых прудов и защитных береговых сооружений, предусматриваемых для инженерно-геологического обоснования технических проектов и рабочих чертежей, в зависимости от величины напора и длины плотины средней сложности природных условий[x]

Длина плотины, м	Напор на плотине, м	Технический проект								Рабочие чертежи				Береговые насосные станции с расходом до 10 м³/с	
		Гидроузел				Участки акватории пруда и защитных береговых сооружений				Гидроузел		Участки акватории и защитных береговых сооружений			
		расстояния между выработками, м		глубины выработок, м		расстояния между выработками, м		глубины выработок, м		расстояния между выработками, м	глубины выработок, м	расстояния между выработками, м	глубины выработок, м	расстояния между поперечниками и выработками, м	глубины выработок, м
		для выбора уч-ка гидроузла	на выбранном участке	для выбора уч-ка гидроузла	на выбранном участке гидроузла	для выбора уч-ка	на выбранном уч-ке	для выбора уч-ка	на выбранном уч-ке						
100	5 8 12	100–120	50–60	10 15 20	10–15 15–25	400–450	200–225	10 12 15	8–10 10–15 15–20	25–30	10 12 15	100–120	8–10 10–15 15–20	2 поперечника через 20–25 м с выработками на них через 20–30 см	В песчаных и гравийстых грунтах 5–10 м ниже подошвы фундамента (в пределах активной сжимаемой толщи грунта) в скальных и полускальных – до монолитных, способных служить основанием сооружений
300	5 8 12	120–180	60–80	10 15 20	10–15 15–25 25–35	400–450	300–225	10 12 15	8–10 10–15 15–20	30–40	10 12 15	100–120	8–10 10–15 15–20		
300	5 8 12	200–240	80–100	10 15 20	10–15 15–25 25–35	450–500	225–250	10 12 15	8–10 10–15 15–20	40–50	10 12 15	120–130	8–10 10–15 15–20		
500	5 8 12	240–300	100–120	10 15 25	10–15 15–25 25–35	500–600	250–300	10 15 20	10–15 15–20	50–60	10 15 20	125–150	8–10 10–15 15–20		
1000	5 8 12	300–360	120–150	10 15 25	10–15 15–25 25–35	600–700	300–350	10 15 20	10–15 15–20 15–20	60–75	10 15 20	150–175	8–10 10–15 15–20		

[x] При определении расстояний между выработками в сложных природных условиях местности необходимо к приведенным значениям применять коэффициент 0,80 (при простых 1,50).

Примечания:
1. Расстояния и глубины выработок уточняются в процессе изысканий, сообразно выявленной степени сложности природных условий.
2. При выборе площадок насосных станций и вспомогательных сооружений инженерно-геологические условия их оцениваются по материалам изысканий, выполняемых на основных объектах прудов. На выбранных площадках изыскания для них выполняются в одну стадию в объеме, достаточном для обоснования проекта.
3. Расстояния между поперечниками на акваториях прудов ориентировочно принимаются 500–800 м.
4. Количество выработок на объектах должно устанавливаться с учетом ранее пройденных.
5. Выработки, проходимые при съемке и для решения специальных вопросов по возможности совмещаются.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Ориентировочные расстояния и глубины выработок на участках проектируемых прудов и защитных береговых сооружений, предусматриваемых для инженерно-геологического обоснования техноробочих проектов, в зависимости от величины напора и длины плотины в простых природных условиях

Длина плотины, м	Напор на плотине, м	Техноробочий проект								Береговые насосные станции с расходом до 10 м³/с		Примечание
		Гидроузел				Участки акваторий пруда и защитных береговых сооружений						
		расстояния между выработками, м		глубины выработок, м		расстояния между выработками, м		глубины выработок, м		расстояния между поперечниками и выработками, м	глубины выработок, м	
		для выбора участка гидроузла	на выбранном участке	для выбора участка гидроузла	на выбранном участке	для выбора участка	на выбранном участке	для выбора участка	на выбранном участке			
100	5 8 12	100–120	30–50	10–15 15 20	10–15 15–25 25–35	400–450	150–200	10 15 15	8–10 10–15 15–20	2 поперечника через 20–25 см, с выработками через 20–30 м	В песчаных и глинистых грунтах 5–10 м ниже подошвы фундамента (в пределах активной сжимаемой толщи грунта), в скальных и полускальных – до монолитных, способных служить основанием сооружений	см. прим. 1, 2, 3, 4 и прил. 4
200	5 8 12	120–180	40–60	10 15 20	10–15 15–25 25–35	400–450	200–225	10 15 15	8–10 10–15 15–20			
300	5 8 12	200–240	60–80	10 15 20	10–15 15–25 25–35	450–500	225–250	10 15 15	8–10 10–15 15–20			
500	5 8 12	240–300	80–100	10 15 25	10–15 15–25 25–35	500–600	250–300	10 15 20	10–15 15–20 15–20			
	5 8 12	300–360	100–120	10 15 25	10–15 15–25 25–35	600–700	300–350	10 15 20	10–15 15–20 15–20			

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Ориентировочные объемы опытных фильтрационных работ при изысканиях на участках проектируемых прудов и защитных береговых сооружений

Состав опытных работ	Технический проект			Рабочие чертежи			Технорабочий проект		
	напоры на плотине, м								
	5	8	12	5	8	12	5 x	8	12
	Для выбора участка гидроузла								
Откачка из скважин	1-2	1-2	1-3	-	-	-	-	1-2	1-2
Наливы или нагнетания в скважины	1-2	1-2	1-3	-	-	-	-	1-2	1-3
Наливы в шурфы	2	2	1-4	-	-	-	-	1-2	1-4
	На выбранном участке гидроузла (длиной 300-500 м)								
Откачка из скважин	2	2-3	3-4	1	1	2	-	2-3	3-4
Наливы или нагнетания в скважины	2	2-3	2-4	1	1	2	-	2-3	3-4
Наливы в шурфы	2	2-3	3-4	2	2	2	-	2-3	3-4
	На площади чаши пруда (на 1 поперечник длиной 800-1000 м)								
Откачка из скважин	2	2	2	-	-	-	-	2	2
Наливы или нагнетания в скважины	2	2	3	-	-	-	-	2	2
Наливы в шурфы	2	2	3	-	-	-	-	2	3
	На участках подтопления, переработки берегов и защитных сооружений (длиной 600-800 м)								
Откачка из скважин	2	2	3	-	1	1	-	2	2
Наливы или нагнетания в скважины	2	2	2	1	1	1	-	2	2
Наливы в шурфы	2	2	2	1	1	1	-	2	2

x/ См.п. 4.66.

Состав лабораторных исследований физико-механических и прочностных свойств грунтов оснований сооружений, проектируемых на прудах

Показатели свойств грунтов	Типы грунтов					
	Связные (глинистые)	Рыхлые (песчано-галечниковые)	Илы	Торфы	Сапропели	Скальные и полускальные
1	2	3	4	5	6	7
Гранулометрический состав	+	+	+	–	–	–
Удельный вес твердой фазы грунта	+	+	+	+	+	+
Объемный вес при естественной структуре и влажности	+	+	+	+	+	+
Объемный вес в рыхлом и плотном состояниях	–	+	–	–	–	–
Объемный вес скелета грунта[XX]	+	+	+	+	+	+
Коэффициент пористости[XX]	+	+	+	+	+	+
Пористость[XX]	+	+	+	+	+	+
Влажность естественная	+	+	+	+	+	+
Влажность на пределе пластичности	+	–	+	+	+	
Влажность на пределе текучести	+	–	+	+	+	+
Влажность максимальная молекулярная	+	-	+	–	–	–
Число пластичности[X]	+	–	+	+	+	
Показатель консистенции[XX]	+	–	+	+	+	–
Степень водонасыщения[Xx]	+	+	+	+	+	–

I	2	3	4	5	6	7
Водопроницаемость (фильтрационные свойства грунтов)	+	+	+	+	+	–
Размокание	+	–	+	–	–	–
Набухание и усадка	+	–	+	–	+	–
Содержание водорастворимых солей	+	+	+	–	–	+
Содержание органических веществ	+	+	+	+	+	–
Содержание гипса и карбонатов	+	+	–	–	–	–
Минералогический состав	+	–	+	–	–	–
Химический состав (коллоидных фракций)	+	–	+	–	–	–
Сопротивление сдвигающим усилиям ("φ" и "C")	+	–	+	+	+	–
Угол естественного откоса в сухом и водонасыщенном состоянии	–	+	–	–	–	–
Сопротивление сжимающим усилиям (компрессионные свойства)	+	–	+	+	+	–
Временное сопротивление сжатию	–	–	–	–	–	+
Водопоглощение	–	–	–	–	–	+
Морозостойкость	–	–	–	–	–	+
Петрографический состав	–	+	–	–	–	+
Коэффициент относительной просадочности (для макропористых грунтов)	+	–	–	–	–	–
Ботанический состав торфяных грунтов	–	–	–	+	+	–
Степень разложения торфяных грунтов	–	–	–	+	+	–

Продолжение прил.7

I	2	3	4	5	6	7
Зольность торфяных грунтов	-	-	-	+	+	-
Коррозионная активность грунтов	+	-	-	-	-	-

Знак "+" - обозначает необходимость определения;

x - определяется в необходимых случаях (при изучении грунтов-оснований);

xx - определяется расчетом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Расчеты всплывания торфа

I. Возможность, сроки и характер всплывания торфяных массивов определяются ботаническим составом (видом залежи), степенью разложения, зольностью, объемным весом, силой связи (сцепления) между отдельными слоями залежи, а также залежью и минеральным дном, скоростью накопления газа в процессе подводного (анаэробного) разложения торфа, рельефом минерального дна, слоем воды над залежью, мощностью залежи.

2. Многолетними наблюдениями за всплыванием различных торфяных залежей в ложах водохранилищ и прудов установлено:

всплывать могут все типы и виды торфяных залежей – низинные, переходные, смешанные и верховые. Среди наблюденных всплывших залежей топяные составляют 50%, лесотопяные – 45% и лесные – 5%;

из топяных залежей чаще всплывают шейхцериевые и шейхцериево-сфагновые. Связано это с тем, что присутствие в торфе шейхцерии усиливает газообразовательные процессы;

пни и стволы древесной растительности тормозят, а иногда даже препятствуют всплытию торфяной залежи;

всплывают торфяные залежи со степенью разложения от 5 до 55%. При этом на залежи со степенью разложения менее 20–25% приходится 80% всплывших залежей. Хорошо разложившиеся торфы всплывают только в мерзлом виде;

всплывают только торфяные залежи с зольностью до 50%;

положительное усилие всплытия образуется, когда объемный вес торфа с естественной влажностью меньше I,0. При этом торф всплывает тогда, когда сила всплытия больше силы сцепления между слоями залежи или на контакте залежи с минеральным дном. Это условие может быть обеспечено промерзанием торфа или накоплением газов;

в водохранилищах с глубины 0,5–3,0 м всплывают почти все залежи, кроме лесной; с глубины 3,0–7,0 м всплывают только те, у которых верх залежи мощностью более 0,5 м имеет степень разложения от 5 до 25%; с глубины более 70 м всплывание отсутствует или происходит исключительно редко;

торфяной массив мощностью 0,25–I,0 м всплывает обычно целиком, а мощностью более I м – частями;

очаги всплывания в первую очередь образуются в местах резкого излома в рельефе минерального дна.

3. Торфяная залежь в зависимости от ее вида всплывает в определенные сроки, отвечающие сумме положительных температур воздуха за прошедший период. Этот принцип положен в основу методики составления прогноза всплывания торфяной залежи.

4. Располагая сведениями о сумме положительных температур, необходимых для всплывания того или иного вида торфяной залежи, и сумме положительных температур за год по метеостанции, рассчитывают количество лет, которое потребуется для всплывания торфа.

Сроки всплывания торфа рассчитывают по формуле 8.I

$$N = \frac{\Sigma T}{\Sigma t}, \qquad (8.I)$$

где N – число лет, необходимое для всплывания торфа с момента затопления;

ΣT – сумма положительных среднесуточных температур воздуха, необходимая для всплывания торфяной залежи (см. табл.I);

Σt – сумма среднесуточных температур воздуха $> 8^{\circ}C$ периода май–сентябрь за один год обеспеченностью 50% (берется по климатическим справочникам).

5. Расчет срока всплывания торфа производится после сравнения действующего на залежь всплывающего усилия с силами сцепления между слоями залежи или сцепления залежи с минеральным дном.

Основные показатели всплывания торфа в водохранилищах Европейской территории СССР[xx]

Виды залежи	Степень разложения, %	I батиметрическая зона 0,25-3 м			II батиметрическая зона 3-5 м		
		сумма положительных температур	период всплывания	характер всплывания	сумма положительных температур[x]	период всплывания	характер всплывания
I	2	3	4	5	6	7	8
Лесная, лесотопяная, древесно-осоковая, многослойная, лесотопяная однородная	55-65	Всплывания не будет					
То же	30-50	I8600-25720	8-II	Участками до 10% затяжное	-	5-8	Очагами до 8%
То же, с активными очагами всплывания	30-50	3720-II030	2-5	Очагами до 20% затяжное	II030-I8080	5-8	-"-
Топяно-лесная, осоковая, осоково-сфагновая, однородная	30-50	9200-I5600	4-8	Очагами до 10% затяжное	II560-25720	5-II	Очагами до 1%
Шейхцериевая и шейхцериево-сфагновая, однородная	30-40	742-8000	I-4	Массовое до 75%	5640-I2850	3-6	Очагами до 25%
Сфагновая	5-25	742-8000	I-4	-"-	5640-I2850	3-6	-"-
		Процесс всплывания не изучен					
Лесная, лесотопяная, однородная	55-65	Не будет		Не будет			
То же	25-50	I3460-23050	6-I0	Очагами до 10%	II030-20680	5-9	Очагами до 15%
То же	5-20	I260-II080	I-5	Массовое до I00%	II030-20680	5-9	-"-
Лесная, лесотопяная, однородная с активными очагами всплывания	25-50	4720-II880	2-5	Массовое до 50%	II880-2I560	5-8	Очагами до 7%
Топяная однородная	25-40	9200-I86I0	4-8	Очагами до 10%	II600-25720	5-II	Очагами до 1%
Топяная	5-20	742-8000	I-4	Массовое до I00%	5600-I2850	3-6	Очагами до 25%
Топяная с активными очагами всплывания	25-40	3I60-II080	2-5	Массовое до 50%	I0350-20680	5-9	-"-

Продолжение табл. I

I	2	3	4	5	6	7	8
Смешанная сосново-пушицевая, однородная	50-65	Не будет			Не будет		
Смешанная сосново-пушицевая, однородная	25-50	I6260-25720	7-II	Очагами до I0%	Не будет		
То же, с активными очагами воспламенения	25-50	9200-22I0	4-9	Массовое до 30%	I6260-25720	7-II	Очагами до 5%
Смешанная топяно-лесная и топяная однородная	25-50	8000-I86I0	4-8	Очагами до I5%	Не будет		
То же	5-20	8720-II080	2-5	Массовое до 80%	62I0-I8080	3-6	-
То же, с активными очагами воспламенения	25-45	3I60-II560	2-5	Массовое до 20%	I0350-2I200	5-9	-
Сосново-пушицевая однородная	30-55	Не будет			Не будет		
То же, с активными очагами воспламенения	30-55	9450-2I560	4-9	Массовое до 30%	II880-260I0	5-I0	-
Медиум-залежь однородная	25-40	62I0-I8080	3-8	Очагами до I00	Не будет		
То же	5-20	4290-II560	2-5	Массовое до 50%	II560-27900	5-I2	Очагами до 25%
То же, с активными очагами воспламенения	25-40	6730-I4000	3-6	Очагами до 50%	II560-2I2I0	6-9	-
Шейхцериево-сфагновый	25-40	304-8000	I-4	Массовое до I00%	5203-I2850	3-6	-
Комплексный верховой	5-20	304-8000	I-4	-"-	5203-I2850	3-6	-
То же, с активными очагами воспламенения	25-35	3I60-I0350	2-5	Массовое до 70%	I0350-I7500	5-8	-
Фускум-залежь	Процесс воспламенения не изучен						

---

x/ Сумма положительных среднесуточных температур воздуха, необходимая для воспламенения торфа с момента затопления водохранилища.

xx/ Таблица составлена Томьюганским отделением треста "Газторфразведка".

Пример. Залежь с объемным весом и естественной влажностью 0,9 г/см^3. Всплывающее усилие при мощности залежи 20 м – 20 г/см^2. При силе сцепления менее этой величины залежь всплывает сразу. При большей величине сцепления она всплывает через срок, рассчитываемый по сумме положительных температур (см.табл.8.I).

Основные показатели всплывания торфа в водохранилище европейской территории СССР представлены в табл. 8.I.

6. Характеристика торфяных месторождений, расположенных в зоне затопления, и прогнозы возможного всплывания торфяников могут составляться как генпроектировщиком, так и специализированными проектными организациями на основании материалов изысканий и обследований. Проектная организация составляет карту торфяных месторождений с определением сроков возможного всплывания торфа.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Примеры водохозяйственных расчетов

Задача № I

Определить максимально возможную водоотдачу пруда на орошение при заданных условиях:

объем пруда при НПУ равен 3100 тыс.$м^3$;

объем пруда при ГМО составляет 160 тыс.$м^3$;

обеспеченность водоотдачи - 75%;

регулирование стока-сезонное, начало наполнения пруда - апрель, сработка до ГМО - конец сентября;

расчет произвести по месячным интервалам времени с определением наполнений и сбросов к концу каждого месяца;

санитарный расход принять равным 0,040 $м^3/с$;

потери на фильтрацию из пруда заданы табл.1:

Таблица I

Уровень воды в пруду, м	100,2	105	110	115	120
Потери, мм/сут	0,00	3,00	6,00	9,00	12,00

внутригодовое распределение полезной водоотдачи в процентах и потери на дополнительное испарение с водной поверхности для расчетного года по месяцам заданы в табл.2:

Таблица 2

Месяцы	IУ	У	УI	УII	УШ	IX	Всего
Потери на испарение, мм	0	50	100	150	150	100	550
Полезная водоотдача, %	0	10	20	30	30	10	100

топографическая характеристика пруда задана табл.3:

Таблица 3

Отметка уровня воды, м	Площадь зеркала, тыс.м^2	Объем, тыс.м^3
100,2	0,00	0,00
101,0	13	4,69
102,0	30	25,6
104,0	73	127
106,0	122	321
108,0	178	621
112,0	303	1580
116,0	445	3060
120,0	607	5150

объемы притока к створу плотины приведены в расчетной табл. 4:

Расчет производится подбором. Задаваясь величиной водопотребления, распределяем его согласно заданному процентному распределению водоотдачи.

Первым этапом расчета является расчет без учета потерь на дополнительное испарение и фильтрацию, далее учитываются потери до их стабилизации.

Если к концу последнего месяца (сентября) в пруду остается объем воды сверх объема при ПМО, следует увеличить годовой объем водопотребления и расчеты повторять до тех пор, пока не удастся выйти на отметку ПМО.

В табл. 4 приведены результаты расчетов для третьего приближения при суммарной годовой водоотдаче 2300 тыс.м^3.

В результате расчета получена отметка ПМО в конце сентября 198 тыс.м^3, что превышает заданную на 38 тыс.м^3, следовательно, расчет следует продолжить, увеличив полезную водоотдачу.

Водохозяйственный расчет пруда сезонного регулирования

Таблица 4

Месяц	Приток, тыс.м³	Водопотребление, тыс.м³	Объем санитарного сброса, тыс.м³	Без учета потерь		III приближение с учетом потерь								Сброс
				$V_{фик}$ тыс.м³	$V_{кон}$ тыс.м³	$V''_{ср}$ тыс.м³	$h''_{ср}$ м	$F''_{ср}$ тыс.м²	$П''_{ис}$ тыс.м³	$П''_{исп}$ тыс.м³	$\Sigma П''$ тыс.м³	$V''_{фик}$ тыс.м³	$V''_{кон}$ тыс.м³	$W_{сб}$ тыс.м³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
IУ	3480	0	I04	3640	3I00	I630	II2,2	3I0	0	67,0	67,0	3469	3I00	369
У	I9I	290	I04	2957	2957	2956	II5,8	435	2I,8	I24	I45,8	28II	28II	0
УI	58	460	I04	245I	245I	2488	II4,6	335	39,5	I04	I43,5	2I62	2I62	0
УII	58	690	I04	I7I5	I7I5	I756	II2,5	320	48,0	92	I20	I306	I306	0
УIII	58	690	I04	979	979	908	I09,8	250	34,5	39	73,5	496	496	0
IX	58	230	I04	703	703	356	I06,2	I25	I2,5	I4,3	26,8	I93	I93	0
Итого:	3903	2300	624						I56,3	420,3	576,6			369

Контроль: 3903 = 2300 + 624 + 576.6 + (I93–I60) + 369

Определить полезный и полный объем пруда сезонного регулирования стока при тех же исходных данных, что и в предыдущем примере, и при заданном объеме полезной водоотдачи 2000 м^3/год.

Расчет производим в два этапа: предварительный – без учета потерь воды на испарение и фильтрацию, и окончательный – с учетом потерь.

Расчеты сведены в табл.5, из которой видно, что в течение мая–сентября возникают дефициты стока и требуемая отдача не обеспечивается. Необходимо осуществить сезонное регулирование.

Определяем полезный объем пруда без учета потерь как сумму дефицитов стока

$$V'_{полез} = 2097 \text{ тыс.м}^3;$$

$$V_{полн} = V_{полез} + V_{мо} = 2097 + 160 = 2257 \text{ тыс.м}^3$$

Затем вычисляем фиктивные наполнения, не ограниченные заданными пределами $V_{нпу}$ и $V_{мо}$ в виде $V_\phi = V_н + W_р - R$,

где $V_н$ – начальное наполнение;

$W_р$ – расчетный сток за месячный интервал времени;

R – требуемая отдача.

Конечные наполнения ограничиваем емкостями;

Избыточный объем воды, равный $V_\phi - V_{нпу} \geq S$,

направляется на сброс.

При втором этапе расчета учитываются потери. С учетом потерь в первом приближении полезный объем равен $V''_{полез}$ =2502, а полный объем – 2662 тыс.м^3.

Аналогичным образом определен полезный объем во втором приближении $V'''_{полез}$ = 2537 и полный объем – 2672 тыс.м^3.

Полезный объем в третьем приближении равен 2537 тыс.м^3 и полный объем – 2697 тыс.м^3. Дальнейшие приближения практически не дают повышения точности, поэтому полученные в третьем приближении данные приняты как окончательные.

Таблица 5

Водохозяйственный расчет пруда сезонного регулирования стока по месячным интервалам времени

Месяцы	Приток ω_p	Водозабор R	Санитарный сброс $W_{сан}$	$\omega_p - R - W_{сан}$		$V_{нач}$	$V_{кон}$	Сброс			I приближение					$\omega_p - R - W_{сан} - П'_{ис} - П'_{ф}$		$V'_{кон}$
													потери					
									S	$V'_{ср}$	$h'_{ср}$ м	$F'_{ср}$ тыс. м²	$П'_{ис}$	$П'_{ф}$	суммарные	+	−	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	
IУ	3480	0	I04	3376		3536	2267	I279	I208	II0,8	260	0,0	50,6	50,6	2325		3486	
У	I9I	200	I04		II3	2744	2744	0	3200	II3,8	360	I8,0	92,0	II0		223	3449	
УI	58	400	I04		446	I698	I698	0	I92I	II2,9	380	38,0	77,0	II0		556	I893	
УII	58	600	I04		646	I052	I052	0	1376	III,5	285	42,7	60,0	I08		749	II44	
УIII	58	600	I04		646	406	406	0	780	I08,6	I97	28,6	3I,4	60		706	438	
IX	58	200	I04		246	I60	I60	0	280	I05,6	II0	II,0	II,8	22		268	I80	
Итого:	8908	2000	624		2097									455,6		2502		

продолжение табл.5

Конечное		II приближение			Потери			$W_p - R - W_{сан} - П''_{ис} - П''_{ф}$		$V''_{кон}$	$V''_{кон}$	S''
	S'	$V''_{ср}$	$h''_{ср}$	$F''_{ср}$	$П''_{ис}$	$П''_{ф}$	суммарные	+	−			
I9	20	2I	22	23	24	25	26	27	28	29	30	3I
2662	824	I4I6	III,7	265	0	56,8	56,8	83I9		3478	2697	79I
2449	0	2560	II4,8	390	I9,5	I05	I24,5		238	2459	2459	0
I893	0	2I7I	II3,6	336	80,6	87,2	I23		569	I890	I890	0
II44	0	I5I8	III,8	290	48,5	62,7	I06		752	II38	II38	0
438	0	79I	I08,9	200	30,0	32,4	62		708	430	430	0
I00	0	309	I05,9	II7	II,7	I2,8	24,5		270	I60	I60	0
								496,8	2527			

Задача 3

Произвести водохозяйственный расчет пруда для орошения на балке Великой обобщенным статистическим методом, построить зависимость полезной водоотдачи пруда от его размеров.

Исходные данные для расчетов:

Коэффициент вариации годового (весеннего) стока – 0,50;

среднемноголетний весенний сток – 1170 тыс.м^3;

среднемноголетний меженный сток отсутствует;

объем весеннего стока 75%-ной обеспеченности – 734 тыс.м^3;

мертвый объем пруда – 6300 м^3;

среднемноголетний слой дополнительных потерь на испарение с водной поверхности – 95 мм;

слой дополнительных потерь на испарение с водной поверхности 25%-ной обеспеченности – 280 мм;

среднегодовой слой фильтрационных потерь – 428 мм;

средний слой фильтрационных потерь при сезонном регулировании стока – 214 мм;

расход санитарных сбросов отсутствует;

обеспеченность водоотдачи Р – 75%.

Условия работы пруда – при сезонном регулировании пруд срабатывается к концу сентября (период работы – 6 месяцев).

Топографическая характеристика пруда – приведена в табл.6.

Таблица 6

Уровень $H_{абс}$	Площадь зеркала, тыс.м^2	Объем, тыс.м^3
172,5	0,0	0,0
175,0	63,7	58,1
180,0	242	770
185,0	669	2960

Таблица 7

Определение полезной водоотдачи пруда с учетом суммарных потерь за год

№ варианта	Водоотдача, брутто $R_{бр}$	Коэффициент зарегулирования брутто $\alpha_{бр}$	Многолетняя составляющая $B'_{мн}$	Многолетний объем, $V_{мн}$ тыс.м³	Сезонный объем, $V_{сез}$ тыс.м³	Полезный объем, $V_{полез}$ тыс.м³	Полный объем, $V_{пол}$ тыс.м³	Отметка НПУ м	Средне-расчетный объем, $V_{ср.расч}$ тыс.м³	Средне-расчетная площадь зеркала, $F_{ср.расч}$ тыс.м²	Объем потерь на испарение, $V_{исп}$ тыс.м³	Объем потерь на фильтрацию, $V_{фил}$ тыс.м³	Водоотдача нетто, $R_{нт}$ тыс.м³
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
I	II7,00	0,I0	0,00	0,00	II7,00	II7,00	I28,00	I75,49	76,50	69,53	I9,47	I4,88	82,65
2	I72,42	0,I5	0,00	0,000	I72,42	I72,42	I78,72	I75,88	I0[illegible],75	77,8I	2I,79	I6,65	I33,98
3	227,84	0,I9	0,00	0,00	227,84	227,84	234,I4	I76,26	I43,0I	86,09	[illegible],I0	I8,42	I85,32
4	283,26	0,24	0,00	0,00	283,26	283,26	289,56	I76,65	I76,26	94,36	26,42	20,I9	236,65
5	338,68	0,29	0,00	0,00	338,68	338,68	344,98	I77,04	209,5I	I02,64	28,74	2I,97	287,98
6	394,II	0,34	0,00	0,00	394,II	394,II	400,4I	I77,42	242,76	II0,92	3I,06	23,74	339,3I
7	449,53	0,38	0,00	0,00	449,53	449,53	455,83	I77,8I	276,02	II9,20	33,38	25,5I	390,64
8	504,95	0,43	0,00	0,00	504,95	504,95	5I8,20	I78,20	309,27	I27,47	35,69	27,28	44I,97
9	560,37	0,48	0,00	0,00	560,37	560,37	566,67	I78,58	342,52	I35,75	38,0I	29,05	495,3I
I0	6I5,79	0,53	0,00	0,00	6I5,79	6I5,79	622,09	I78,97	375,77	I44,03	40,33	30,82	544,64
II	67I,2I	0,57	0,00	0,00	67I,2I	67I,2I	677,5I	I79,36	409,03	I52,3I	42,65	32,59	595,97
I2	734,00	0,63	0,00	0,00	734,00	734,00	740,30	I79,79	446,70	I6I,69	45,27	34,60	654,I3
I3	782,05	0,67	0,05	54,00	78I,88	886,28	842,58	I80,I7	508,07	I76,9[illegible]	45,04	75,74	660,97
I4	837,47	0,72	0,I2	I35,3I	839,76	97I,07	978,27	I80,48	589,48	I97,28	46,57	84,4I	706,49
I5	892,89	0,76	0,I9	2I8,59	892,I3	IIIO,72	1II7,02	I80,79	672,73	2I7,35	48,83	93,28	753,28
I6	948,32	0,8I	0,27	3I6,85	947,5I	I264,00	I270,36	I8I,I4	764,78	240,8[illegible]	45,54	I03,09	799,69
I7	I003,74	0,86	0,39	45I,83	I002,88	I454,7I	I46I,0I	I8I,58	879,I2	263,4[illegible]	43,6I	II2,75	847,38
I8	I059,I6	0,9I	0,53	620,26	I058,25	I678,52	I684,82	I82,09	I0I3,4I	289,6I	4I,I3	I23,95	894,07
I9	III4,58	0,95	0,73	853,60	III3,63	I067,23	I973,53	I82,75	II86,64	323,39	38,33	I38,4I	937,84
20	II70,0	I,00	I,00	II7I,0I	II69,00	2340,0I	2346,3I	I83,60	I4I0,3I	367,00	34,86	I57,0I	978,06

Порядок расчетов и его результаты ясны из приводимой табл.7. В расчетах принята максимально-возможная водоотдача брутто II70 тыс.м^3, минимально-возможная водоотдача II7 тыс.м^3, число вариантов расчета - 20 .

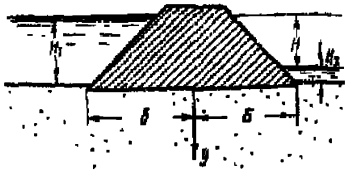
По данным граф I4,8,9 строятся зависимости, служащие для выбора оптимальной отметки НПУ.

Фильтрационные потери воды на прудов

УСЛОВИЯ ФИЛЬТРАЦИИ	РАСЧЕТНАЯ СХЕМА	РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ	ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА
I	2	3	4

I. ЧЕРЕЗ ОДНОРОДНОЕ ОСНОВАНИЕ ПЛОТИНЫ С ПЛОСКИМ ФЛУЦЕТОМ

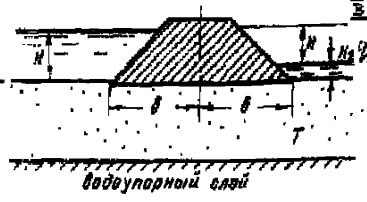
а) при значительной глубине залегания водоупора (2÷3H)



y-глубина водоносного слоя, принимаемая в расчет при определении фильтрационного расхода, м;

b- половина ширины флютбета, м;

б) при незначительной мощности водоносного слоя (2÷3H)



в) при мощности водоносного слоя, не превышающем ширины флютбета, фильтрационный расход достаточно точно определяется по формуле Г.Н.Камянского (2)

см.рис.I

$$Q = LKHq_2 \quad м^3/сут, \quad (I)$$

(Н.Н.Павловского)

где L – длина участка плотины, для которого вычисляется потеря, м;

K – коэффициент фильтрации, м/сут;

H – напор воды, создаваемый плотиной, м;

q_2 – приведенный расход в зависимости от $\frac{y}{b}$ определяется по следующей табл.

$\frac{y}{b}$	0,I	0,2	0,5	I,0	2,0	5,0
q_2	0,032	0,063	0,I56	0,283	0,462	0,704

Если мощность водоносного слоя "T" неведика, q_2, входящий в вышеприведенную формулу (I), определяется в зависимости от отношения $\frac{b}{T}$ по следующему графику:

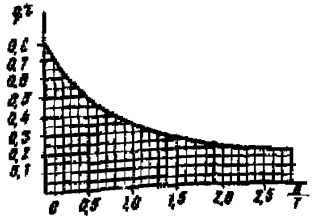


График I

$$Q = LKH\frac{2,8T}{b} \quad м^3/сут \quad (2)$$

Фильтрационный расход "Q" в основании плотины, сложенном песками с коэффициентом фильтрации "К" = 4м/сут, при расчетной мощности водоносного слоя, равной двойной высоте напора у плотины "Н" = I2 м, ввиду значительной глубины залегания водоупора, "У" =24 м, полуширины флютбета "в" = 48 и длины плотины L =300 м, составит:

$$Q = LKHq_2 = 300 \times 4 \times I2 \times 0,I56 = 2246,4 \ м^3/сут$$

(где q_2 /приведенный расход/ при $\frac{y}{b} = \frac{24}{48}$, по табл. составляет 0,I56)

$$\left(q_2 = \frac{I}{\pi} \ arsh \frac{y}{b}\right)$$

В основании плотины залегают пески пылеватые мощностью "T" =I2,5 м, со средним коэффициентом фильтрации "К" = I,5 м/сут. По длине плотины выделяются три участка: на первом участке в пределах поймы реки протяженностью L = 60 м напор на плотине равен 6 м, на втором участке в пределах левобережной надпойменной террасы протяженностью L = 80 м напор равен 8 м, а на третьем участке в пределах правобережной надпойменной террасы протяженностью L = II0 м напор равен 4,5 м. Ширина плотины по основанию на первом участке 80 м, на втором 50 м и на третьем 40 м.

Потери воды на фильтрацию в основании плотины определяют отдельно для каждого участка по формуле (I), вычисляя единичный (приведенный) расход "q_2" по графику I.

Первый участок. При $\frac{b}{T} = \frac{30}{I2,5} = 2,4$ находим по графику $q_2 = 0,I8$

фильтрационный расход составит $Q = LKHq_2 = 60 \times I,5 \times 6 \times 0,I6 = II5,2 \ м^3/сут$

Второй участок. При $\frac{b}{T} = \frac{25}{I2,5} = 2,0$; $q_2 = 0,20$ и $Q_2 = 80 \times I,5 \times 6 \times 0,20 = I44 \ м^3/сут$.

Третий участок. При $\frac{b}{T} = \frac{20}{I2,5} = I,6$; $q_2 = 0,25$ и $Q_3 = II0 \times I,5 \times 4,5 \times 0,25 = I85,6 \ м^3/сут$.

Общий фильтрационный раход $Q = II5,2 + I44 + I85,6 = 444,8 \ м^3/сут$

Продолжение прил. 10

УСЛОВИЯ ФИЛЬТРАЦИИ	РАСЧЕТНАЯ СХЕМА	РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ	ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА
1	2	3	4

Применив к приведенному примеру формулу (2), получим следующие значения фильтрационных расходов по рассмотренным участкам:

Первый участок $Q = 4kH \cdot \frac{T}{2x+y}$ $= 60 \times 1,5 \times 8 \frac{12,5}{60+12,5} = 124$ м³/сут

Второй участок —"— $Q = 80 \times 1,5 \times 6 \frac{12,5}{50+12,5} = 144$ м³/сут

Третий участок —"— $Q = 110 \times 1,5 \times 4,5 \frac{12,5}{40+12,5} = 177$ м³/сут

Общий фильтрационный расход $Q = 124 + 144 + 177 = 445$ м³/сут

Сравнивая результаты расчетов по формулам (1) и (2), видим, что они очень близки.

1	2	3	4

2. ЧЕРЕЗ ОДНОРОДНОЕ ОСНОВАНИЕ ПЛОТИНЫ СО ШПУНТОМ ИЛИ ЦЕМЕНТАЦИОННОЙ ЗАВЕСОЙ

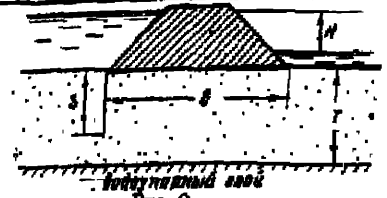


Рис.2

S – глубина шпунта /завесы/, м
T – мощность водоносного слоя, м;

График "Q_2" отвечает положению шпунта на верховой грани плотины. При расположении шпунта у середины флютбета, расход увеличивается на 5–10%

3. ЧЕРЕЗ НЕОДНОРОДНОЕ ОСНОВАНИЕ ПЛОТИНЫ

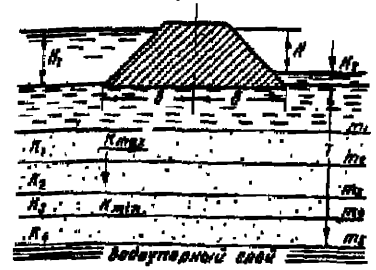


Рис.3

При определении фильтрации в подобных условиях анизотропная толща, состоящая из чередующихся слоев различной водопроницаемости, условно заменяется эквивалентной водоносной толщей со средним коэффициентом фильтрации, определяемым по формуле:

$$K_{ср} = \sqrt{K_{min} \cdot K_{max}},$$

где $K_{max} = \frac{K_1 m_1 + K_2 m_2 + K_3 m_3 + K_4 m_4 + K_5 m_5}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}$

$$K_{min} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}{\frac{m_1}{K_1} + \frac{m_2}{K_2} + \frac{m_3}{K_3} + \frac{m_4}{K_4} + \frac{m_5}{K_5}}$$

$m_1, m_2 \ldots m_n$ – мощности отдельных слоев, м
$K_1, K_2 \ldots K_n$ – коэффициенты фильтрации отдельных слоев, м/сут;

$q = L K H Q_2$, м³/сут ;
где Q – определяется по графику 2

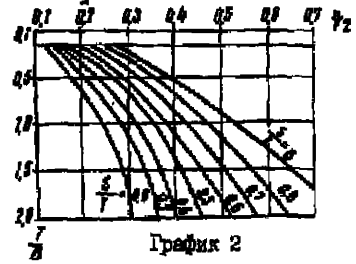


График 2

Дальнейшие фильтрационные расчеты производятся теми же методами, что и при однородном основании, но при этом длина флютбета уменьшается в "а" раз:

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_{max}}{K_{min}}}$$

Приведенная ширина флютбета:

$$2в\ пр. = \frac{2в}{a}$$

Полученные значения скоростей фильтрации и напоров в заданных точках деформированной схемы переносятся на действительную схему путем увеличения горизонтальных размеров в "а" раз.

В основании плотины длиной 120 м залегают песчано-гравийные грунты средней мощностью 10 м со средним коэффициентом фильтрации 20 м/сут. Напор на плотине предусматривается 5 м, ширина плотины по основанию 40 м.

Фильтрационный расход в основании плотины, определяемый по формуле (1) или (2), составит:

$$Q = L_к H \varphi_2 = 120 \times 20 \times 5 \times 0{,}21 = 2520\ м^3/сут$$

$$\left(\frac{в}{T} = \frac{20}{10} = 2 \quad и \quad \varphi_2 \text{ по графику } 1 = 0{,}21\right)$$

В целях уменьшения фильтрационного расхода предусматривается устройство шпунта (3) на верховой грани плотины глубиной 7 м. При этих условиях фильтрационный расход по формуле (3) составит 1880 м³/сут (φ_2 по графику 2 ≈ 0,14)

Таким образом, при устройстве шпунта фильтрационный расход в приводимом примере уменьшается ≈ на 50%.

Плотина располагается на слоистом основании (см. расчетную схему). Мощности слоев равны (м): $m_1 = 5$, $m_2 = 4$, $m_3 = 3$, $m_4 = 2$, $m_5 = 3$; полная мощность "Т" = 17 м; коэффициенты фильтрации слоев соответственно равны (м/сут): $K_1 = 1$, $K_2 = 10$, $K_3 = 5$, $K_4 = 2$, $K_5 = 12$; ширина флютбета 2в = 50 м; длина плотины 400 м; напор на плотине H = 8 м. Требуется определить: расход под плотиной и давление на флютбет в точке "1", находящейся от оси флютбета на расстоянии 1 = 15 м.

По приведенным расчетным зависимостям вычисляем значения коэффициента фильтрации:

$$K_{max} = \frac{K_1 m_1 + K_2 m_2 + K_3 m_3 + K_4 m_4 + K_5 m_5}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5} = \frac{1 \times 5 + 10 \times 4 + 5 \times 3 + 2 \times 2 + 12 \times 3}{5 + 4 + 3 + 2 + 3} = 5{,}9\ м/сут$$

$$K_{min} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5}{\frac{m_1}{K_1} + \frac{m_2}{K_2} + \frac{m_3}{K_3} + \frac{m_4}{K_4} + \frac{m_5}{K_5}} = \frac{5 + 4 + 3 + 2 + 3}{\frac{5}{1} + \frac{4}{10} + \frac{3}{5} + \frac{2}{2} + \frac{3}{12}} = 2{,}34\ м/сут$$

$$K_{ср} = \sqrt{K_{max} \cdot K_{min}} = \sqrt{5{,}9 \times 2{,}34} = 3{,}72 \approx 3{,}7\ м/сут$$

Определяем коэффициент деформации "а" $\sqrt{\frac{K_{max}}{K_{min}}} = \sqrt{\frac{5{,}9}{2{,}34}} = 1{,}6$

Уменьшаем ширину флютбета "а" раз $2в_1 = \frac{2в}{A} = \frac{50}{1{,}6} = 31{,}2$ м;
$B_1 = 15{,}6$.

Фильтрационный расход определяется по формуле (1), для чего предварительно находим величину "Q_2" по графику 1:

при $\frac{B_1}{T} = \frac{15{,}5}{17} = 0{,}92$ $\quad Q_2 = 0{,}37$;

следовательно, $Q = L K H Q_2$ составит: 400×3,7×8×0,37 = 4380 м³/сут

1	2	3	4

4. ЧЕРЕЗ ДВУХСЛОЙНОЕ ОСНОВАНИЕ ПЛОТИНЫ

а/ схема плотины на двухслойном основании

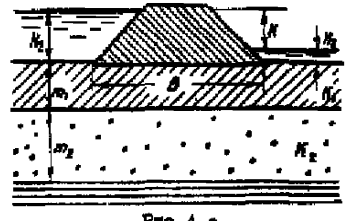


Рис.4,а

б/ схема плотины на двухслойном основании в нижнем бьефе

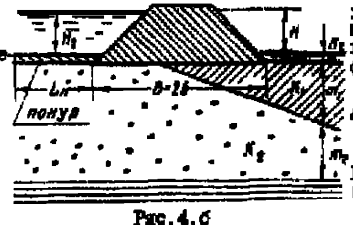


Рис.4,б

То же с понуром (см. рис.4,б)

В целях уменьшения фильтрационных потерь воды в основании плотины понуры применены и для вышеприведенных расчетных схем (см.рис.I,а; I,б; 2 и 3)

Формулы Г.Н.Каменского

Фильтрационный расход:

$$Q = \frac{l(H_1 - H_2)}{\frac{2b}{m_2 K_2} + 2\sqrt{\frac{m_1}{K_1 K_2 m_2}}} \qquad (4)$$

потеря напора в верхнем слабопроницаемом слое.

$$y_0 = \frac{H_1 - H_2}{2\left(1 - b\sqrt{\frac{K_1}{K_2 m_1 m_2}}\right)}; \qquad (5)$$

градиент фильтрации в нижнем бьефе:

$$y = \frac{H_1 - H_2}{2\left(m_1 + b\sqrt{\frac{K_1}{K_2}\cdot\frac{m_1}{m_2}}\right)}; \qquad (6)$$

При отсутствии слабопроницаемого слоя в верхнем бьефе и наличии его только в нижнем приведенные формулы приобретают несколько иной вид

Фильтрационный расход:

$$Q = \frac{l(H_1 - H_2)}{\frac{2b}{m_2 K_2} + \sqrt{\frac{m_1}{K_1 K_2 m_2}}} \qquad (7)$$

Градиент фильтрации в нижнем бьефе:

$$y = \frac{H_1 - H_2}{m_1 + 2b\sqrt{\frac{K_1}{K_2}\cdot\frac{m_1}{m_2}}} \qquad (8)$$

Плотина располагается на двухслойном основании (см. схему 4,а). Мощность верхнего слоя m_1 = 5 м, нижнего m_2=I0м; коэффициенты фильтрации слоев соответственно K_1= 0,2 м/сут, K_2=20 м/сут, ширина фильтбета плотины 2в =40 м; напор на плотине H =8 м; длина плотины = 500 м.

Требуется определить фильтрационный расход под плотиной и градиент фильтрации на выходе в нижний бьеф.

Решение. Фильтрационный расход под плотиной определяем по формуле:

$$Q = \frac{l(H_1 - H_2)}{\frac{2b}{m_2 K_2} + 2\sqrt{\frac{m_1}{K_1 K_2 m_2}}} = \frac{500 \times 8}{\frac{40}{I0 \times 20} + 2\sqrt{\frac{5}{0{,}2 \times 20 \times I0}}} = 4450 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Потеря напора в верхнем слое составит:

$$y_0 = \frac{H_1 - H_2}{2\left(1 - b\sqrt{\frac{K_1}{K_2 m_1 m_2}}\right)} = \frac{8}{2\left(I - 20\sqrt{\frac{0{,}2}{20 \times 5 \times I0}}\right)} = 5{,}50 \text{ м},$$

градиент фильтрации в нижнем бьефе (у нижней грани откоса) составит:

$$y = \frac{H_1 - H_2}{2\left(m_1 + b\sqrt{\frac{K_1}{K_2}\cdot\frac{m_1}{m_2}}\right)} = \frac{8}{2\left(5 + 20\sqrt{\frac{0{,}2}{20} + \frac{5}{I0}}\right)} = 0{,}62.$$

Для случая 4,б получим следующие значения:

$$Q = \frac{500 \times 8}{\frac{20 \times 20}{I0 \times 20} + \sqrt{\frac{5}{0{,}2 \times 20 \times I0}}} = 7280 \text{ м}^3/\text{сут};$$

$$y = \frac{8}{5 + 2 \times 20\sqrt{\frac{0{,}2}{20} \cdot \frac{5}{I0}}} = I{,}02.$$

В целях уменьшения фильтрационного расхода в основания плотины, в верхнем бьефе предусматривается устройство глиняного понура длиной $l_{пр}$ = I00 м.
При этих условиях "B" + $l_{пр}$ составит: 40+I00=I40 м и

$$Q = \frac{500 \times 8}{\frac{20 \times 70}{I0 \times 20} + \sqrt{\frac{5}{0{,}2 \times 20 \times I0}}} = 3800 \text{ м}^3/\text{сут},$$

что снижает фильтрационные потери ~ на 50%, и градиент фильтрации в нижнем бьефе составит:

$$y = \frac{8}{5 + 2 \times 70\sqrt{\frac{0{,}2}{20} \cdot \frac{5}{I0}}} = 0{,}54$$

2 | 3 | 4

5. ФИЛЬТРАЦИЯ В ОБХОД ПЛОТИНЫ

а/ в проч тип грун ческих усл ваях

Область питания грунтовых вод

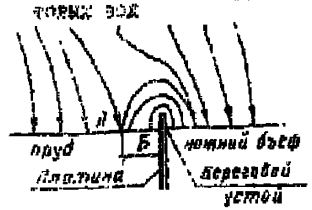


Схема фильтрации в обход плотины
Рис. 5,а

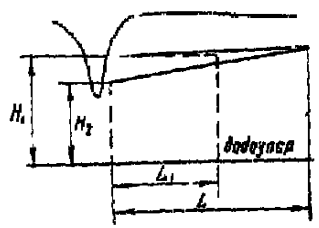


Схема распространения подпора по оси плотины
Рис.5,б

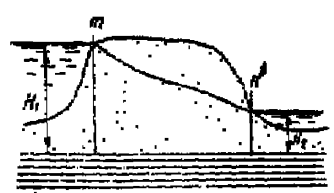


Схема безнапорной боковой фильтрации
Рис.5,в

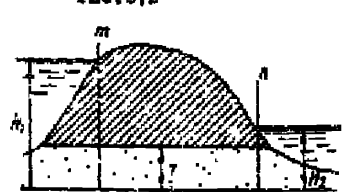


Схема напорной боковой фильтрации
Рис.5,г

При наличии однородного горизонтального водоносного пласта расчет обходной фильтрации производится по формуле Веригина.

Расход напорного потока:

$$Q = KTHA. \qquad (9)$$

Расход безнапорного потока:

$$Q = K\frac{H_1^2 - H_2^2}{2}A, \qquad (10)$$

в обеих формулах:

$$A = \frac{1}{\pi}\left[\ln ctg\frac{\varepsilon}{4} - \sqrt{1-\left(\frac{\varepsilon}{4}\right)^2}\right]$$

H_1 – превышение горизонта пруда, над водоупором, м;

H_2 – то же, в нижнем бьефе над водоупором, м;

H – напор на плотине, м;

T – мощность водоносного пласта;

в – полуширина плотины, м;

B – длина участка обходной фильтрации в верхнем бьефе, м;

$$\varepsilon = \frac{L_1}{n},$$

где L_1 – расстояние от берега пруда до точки, в которой отметка уровня грунтовых вод до подпора воды равна отметке НПУ пруда.

Принимая приближенно, что сопряжение плотины с берегом имеет форму полуцилиндра, фильтрационные потери могут быть определены:

для безнапорного потока по формуле:

$$Q = \frac{K(H_1^2 - h_2^2)}{2n}\ell n\frac{\varepsilon}{4}, \qquad (12)$$

для напорного потока по формуле:

$$Q = \frac{KTH}{\pi}\ell n\frac{\varepsilon}{4}, \qquad (11)$$

где $\varepsilon = \frac{\pi\cdot 2B}{n}$ – приведенный радиус контура сопряжения плотины с берегом;

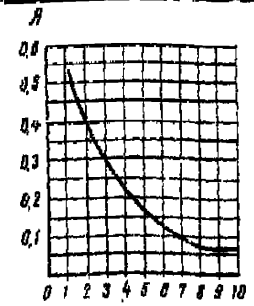


График 3 для определения $A = f(B)$

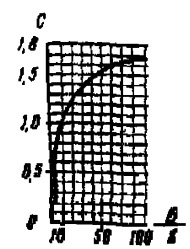


График 4 для определения $C = f\left(\frac{B}{S}\right)$

Потери воды на фильтрацию в обход плотины будут иметь место только в случае, если плечи плотины врезаются в берега, сложенные водопроницаемыми грунтами.

В этих случаях принято, что подпор грунтовых вод на некотором удалении от пруда практически выклинивается.

За линию выклинивания допускается принимать сечение, где кривая подпора превышает уровень грунтовых вод до подпора менее, чем на величину амплитуды колебания уровня, т.е. менее, чем на 0,5–1,0 м.

Протяженность фильтрующего берега пруда "Б" (рис.5,а), считая от оси плотины, равна Б=А,

где L_1 – расстояние от берега пруда (считая его отвесным) до сечения, в котором подпор грунтовых вод практически выклинивается (см.рис.5-б);

A – коэффициент, определяемый по графику 3 и зависящий от величины "Д", определяемой по формуле:

$$Д = \frac{2L_1}{L_0} - 1;$$

C – коэффициент, определяемый по графику 4 в зависимости от отношения $\frac{Б}{S}$, где S – длина водонепроницаемой шпоры (или завесы), считая от уреза пруда в глубь берега.

По приведенным зависимостям фильтрационный расход в обход плеча плотины также может быть определен и по следующей формуле:

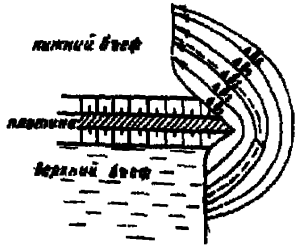
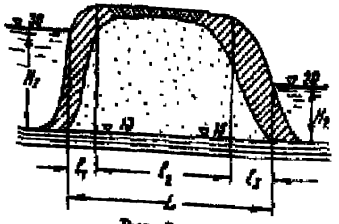
$$Q = K\frac{H_1^2 - H_2^2}{2}\left[C - A\left(\frac{L}{L_1} - 0{,}5\right)\right], \text{ м/сут} \qquad (13)$$

для безнапорного потока

Пример. Определить потери воды на фильтрацию в обход левого плеча плотины при следующих исходных данных:

Мощность водоносного слоя в нижнем бьефе у реки H_2=10 м, мощность водоносного слоя у уреза пруда в верхнем бьефе H_1=18 м. Коэффициент фильтрации грунтов береговой зоны пруда 5 м/сут. Плотина врезана в берег на величину = 15 м. Уровень грунтовых вод в естественных условиях имеет отметку, равную НПУ пруда на расстоянии L_1 = 500 м от уреза пруда (рис.5,в). При расчете подпорного уровня грунтовых вод получено, что выклинивание подпора происходит практически на расстоянии 1200 м от уреза пруда. Предварительно вычислим протяженность фильтрующего берега пруда "Б", для чего находим значение "А" и "Д".

1	2	3	4
		ℓ – половина длины берегового устоя; π = 3,14.	Величина "Д" = $\frac{2\ell}{t_1} - 1 = \frac{2 + 1200}{500} - 1 = 3,8$. По графику 3 находим A=0,17. Длина фильтрующего берега пруда Б составит = $\Delta L = 0,17 \times 1200 = 201$ м. При $\frac{Б}{S} = \frac{204}{15} = 13,6$ значение "С", входящее в формулу (13), по графику 4 равно 1,02. Потери на фильтрацию в зоне применения пленки по формуле (13) составит: $Q = K \frac{H_1^2 - H_2^2}{2} C - A \left(\frac{\ell}{t_1} - 0,5 \right) = 5 \frac{18^2 - 10^2}{2} 1,02 - 0,17 \times \times \left(\frac{1200}{500} - 0,5 \right) = 380$ м³/сут. Расчеты, произведенные по формулам (9), (10), (11) и (12), соответственно определяют расход = 415 – 420 м³/сут, с расхождениями всего лишь на 5-7%.

I	2	3	4
однородных гидрогеологических условиях	Схема разделения фильтрационного потока в обход плотины на элементы	Определение фильтрационных потерь в обход плотины в однородных условиях производится путем моделирования на гидроинтеграторах (ЭГДА). Приближенно потери могут быть определены с помощью разделения фильтрационного потока на несколько элементарных потоков (см.рис.5,д) и последующего вычисления фильтрационного расхода для каждой полосы: $\Delta Q = K a \delta \left(\frac{H_1 + H_2}{2}\right)\frac{H}{L}$, (I4) где ΔQ – расход в пределах каждой полосы, м³/сут; K – коэффициент фильтрации грунтов, м/сут.	Пример. Определить потери воды на фильтрацию в обход правого плеча плотины, сложенного песками с коэффициентом фильтрации 6 м/сут. Пески на склоне прикрыты суглинками с коэффициентом фильтрации 0,2 м/сут, средней мощностью 4 м. Отметки уровня воды и мощность фильтрационного потока в верхнем и нижнем бьефах приведены на рис.5,а, а схема правого примыкания – на рис. 5,д. Уровень грунтовых вод в естественных условиях имеет отметку, близкую к НПУ пруда 30 м на расстоянии 500 м от его уреза. Зону фильтрации в глубину берега, равную в данных условиях 600 м, разбиваем на полосы шириной $\Delta\delta$. Для первых шести полос принимаем $\Delta\delta$ = 50 м, для остальных 100 м. Вычисляем фильтрационный расход первой полосы. Общая длина среднего пути фильтрации L в пределах первой полосы, замеренная на плане равна 240 м. Средний коэффициент фильтрации (при движении воды по нормали к напластованию грунтов)
	 Рис. 5,д	Остальные обозначения пока ясны из рис.5,д и 5,а. Для случая напорных вод и постоянной мощности водоносного пласта в вышеприведенной формуле (I4) $\frac{H_1 + H_2}{2} = T$ (мощность пласта).	$K_{ср.} = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ell_3}{\frac{\ell_1}{K_1} + \frac{\ell_2}{K_2} + \frac{\ell_3}{K_3}} = \frac{4 + 232 + 4}{\frac{4}{0,2} + \frac{232}{6} + \frac{4}{0,2}} = 3,05$ м/сут $\approx$ 3 м/сут Подпор, образуемый плотиной H_1 = 30–20 = I0 м. Мощность водоносного слоя H_1=30–I2 = I7 м; H_2=20–I5 = 5 м.
	 Рис.5,а	Если водоносный пласт состоит из нескольких слоев различной водопроницаемости, то предварительно определяются средневзвешенные величины коэффициентов фильтрации – в верхнем бьефе $K_в$ и в нижнем бьефе $K_н$. Для этих случаев фильтрационный расход в пределах каждой элементарной полосы будет: в условиях безнапорного потока $\Delta Q = \Delta\delta\left(\frac{KH + K_в h_1}{2}\right)\frac{H}{L}$, (I5) в условиях напорного потока $\Delta Q = \frac{K_1 + K_2}{2}\Delta\delta T\frac{H}{L}$. (I6)	Фильтрационный расход первой полосы по формуле: $\Delta Q = K_{ср.}\frac{H(H_1 + H_2)}{2} = 3\frac{50 \times I0(I7+5)}{2 \times 240} = 70$ м³/сут. При отсутствии на склонах суглинистого экрана фильтрационный расход первой полосы составит: $\Delta Q = 6\frac{30 \times I0(I7 + 5)}{2 \times 240} = I40$ м³/сут. Следовательно, суглинистый экран снижает фильтрационный расход на 50%. Таким же путем определяется расход всех остальных полос. Общая потеря воды на фильтрацию равна сумме расходов всех полос.

Продолжение прил.IO

I	2	3	4

6. **ФИЛЬТРАЦИЯ В СКАЛЬНЫХ ОСНОВАНИЯХ**

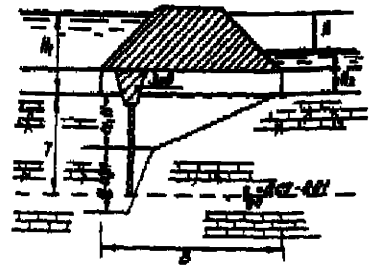


Рис.6

при $q_{уд.} < 0,05$–$0,01$ скальное основание принимается за водоупор,

где $q_{уд.}$ – удельное водопоглощение, л/мин, при опытных нагнетаниях воды в скважины

На расчетной схеме /рис.6/ показана плотина на скальном основании. Закон падения напора H/от H_1 до H_2 / в основании, представленном скальным грунтом с неравномерно развитой трещиноватостью условно, с некоторым приближением может быть принят линейным. Если с верховой стороны под плотиной создается завеса, то сразу за завесой напор резко падает и становится равным H_2+ αH, где α изменяется от 0,3 для слаботрещиноватых грунтов до 0,6 для сильнотрещиноватых.

В случае вертикального дренажа основания в створе скважин напор падает до $H_2+\alpha_2 H$, где $\alpha_2 = 0,1$–$0,3$.

Удельный фильтрационный расход "q" в скальном основании может быть приближенно рассчитан по формуле

$$q_{уд.} = K \frac{H}{B} T \quad (K_м/сут = q_{уд.} л/мин), \quad (17)$$

где K – коэффициент фильтрации, м/сут;
T – глубина зоны трещиноватости скалы, м;
B – ширина подземного контура плотины, м.

Время, за которое фильтрующийся из пруда поток достигнет уровня грунтовых вод, определяется по формуле Н.Н.Биндемана:

$$t_1 = \frac{\mu}{K}\left[h_0 - (H+H_к)\ln\frac{H+H_к+h_0}{H+H_к}\right], \quad (18)$$

где μ – недостаток насыщения грунта;
H – глубина воды в пруде, м;
h_0 – глубина грунтовых вод от дна пруда, м;
$H_к$ – капиллярное давление, развивающееся на границе насыщенной и "сухой" зон, примерно равное половине высоты капиллярного поднятия.

7. **ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПОТЕРИ ИЗ ПРУДА ЗА ПРЕДЕЛАМИ ВЛИЯНИЯ НИЖНЕГО БЬЕФА**

а/ временные потери на насыщение дна пруда

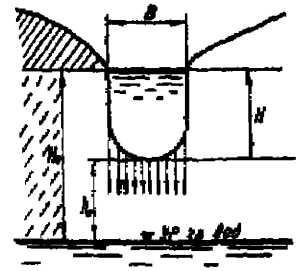


Рис.7,а

При отсутствии грунтовых вод t_1 – это время, за которое фильтрационные воды достигнут водоупора, а h_0 – расстояние от дна пруда до водоупорного слоя. Общий объем профильтровавшейся в грунт воды к моменту смыкания фильтрационных вод с грунтовыми водами или с водоупорным слоем определяется по формуле:

$$V_{об} = \mu \cdot B \cdot h_0, \quad (19)$$

где B – средняя ширина пруда по урезу воды, м.

Фильтрационные потери за период насыщения грунтов в основании пруда составляют:

$$q_{пос} = \frac{\mu \cdot B \cdot h_0}{t_1} \quad (20)$$

/на единицу длины пруда/

Горизонт воды в пруде принимается выше горизонта грунтовых вод на $H_0 = h_0 + H$. IO м, из которых H=5 м составляет глубину воды в пруде и h_0 =5 м – глубину залегания грунтовых вод от его дна; ширина пруда по урезу воды "B" =300 м; коэффициент фильтрации K= 0,IO м/сут, недостаток насыщения грунта μ = 0,IO, капиллярное давление $H_к$ = 0,6 м

По формуле (I8) находим время смыкания фильтрационного потока из пруда с грунтовыми водами:

$$t_1 = \frac{0,IO}{0,IO}\ 5\text{–}(5+0,6)2,3\lg\frac{5+0,6+5}{5+0,6} = I,5 \text{ сут}.$$

Объем воды, потерянный на насыщение грунтов ниже дна пруда, по формуле (I9) составит:

$$V_{об} = 0,IO \times 300 \times 5 = I50 \text{ м}^3$$

Фильтрационные потери на период насыщения грунтов в основании пруда составляют по формуле (20):

$$q_{пос} = \frac{V_{об}}{t_1} = \frac{I50}{I,5} = I00 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

1	2	3	4

б/ временные потери на насыщение берегов пруда

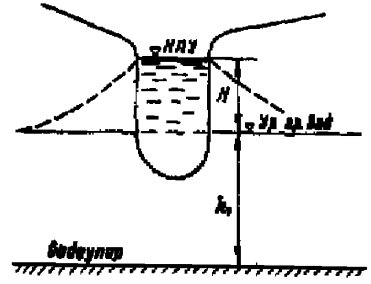
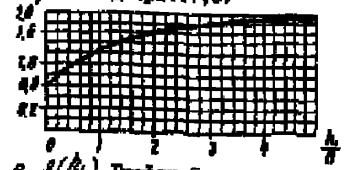


Рис. 7,б

Потерянный прудом объем воды за время "t" на единицу длины берега составляет:

$$V_t = \beta H \sqrt{2\mu K H t} \qquad (21)$$

где H – превышение горизонта пруда над уровнем грунтовых вод (рис.7,б)



$\beta = f\left(\frac{h_1}{H}\right)$ График 5

Значение β определяется по графику 5.

Расход воды из пруда в момент времени "t" на единицу длины берега выражается формулой:

$$q_t = \frac{\beta}{2} H \sqrt{\frac{2\mu K H}{t}}, \qquad (22)$$

Средние фильтрационные потери за время "t" составляют:

$$q_{cp} = \beta H \sqrt{\frac{2\mu K H}{t}}, \qquad (23)$$

Время, в течение которого происходит фильтрация из пруда (с момента его заполнения), определяется по формуле (Н.Н.Веригина):

$$T = \pi \cdot \frac{\mu L^2}{K h_{cp}}, \qquad (24)$$

где $h_{cp} = \frac{2y_1 + h_1}{3}$ (средняя мощность потока);

L – расстояние от берега пруда до точки депрессионной кривой, имеющей отметку НПУ до подпора (рис.7,в)

в/ временные потери на насыщение берегов пруда при наличии потока грунтовых вод

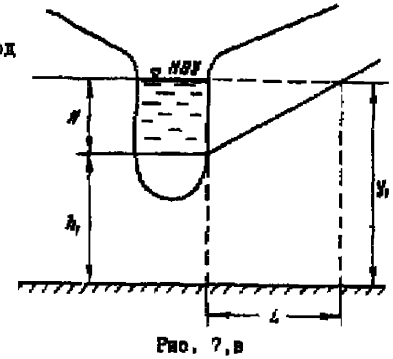


Рис. 7,в

Объем воды, израсходованный на насыщение единицы длины берега в течение времени (с учетом потерь, обусловленных прекращением грунтового питания), равен:

$$V_t = (y_1^2 - h_1^2)\sqrt{\frac{K\mu t}{\pi h_{cp}}}, \qquad (25)$$

где h_1 – глубина грунтового потока у реки до подпора, м;

y_1 – то же, при подпоре, м.

Принимая исходные данные предыдущего примера, получим:

$l_t = 1{,}1 \times 5\ 2 \times 0{,}1 \times 0{,}1 \times 5 \times 100 = 17{,}5$ м³ /при $t = 100$ суток и $h_1 = h_{cp} = 5$ м/,

$$q_0 = \frac{1{,}1}{2} \times 5\ \frac{2 \times 0{,}1 \times 0{,}1 \times 5}{100} = 0{,}087 \text{ м}^3/\text{сут},$$

$$q_y = 1{,}1 \times 5\ \frac{2 \times 0{,}1 \times 0{,}1 \times 5}{100} = 0{,}175 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Всего на единицу длины пруд за 100 сут. потерял объем воды, равный

$$V = 150 + 2 \times 17{,}5 = 185 \text{ м}^3$$

При протяженности пруда ≈ 1 км потери составят

$$185 \times 1000 = 185000 \text{ м}^3.$$

Принимая значения:

$L = 600$ м $K_{гр} = 2$ м/сут.; $\mu = 0{,}13 \div 0{,}074$,

lg К м/сут = 0,15,

$y_1 = 10$ м, $h_1 = 5$ м, $h_{cp} = \frac{240 + 5}{3} = 8{,}3$.

получим:

$$T = \frac{1}{3{,}14} \times \frac{0{,}15 \times 600^2}{2 \times 8{,}3^2} = 0{,}318 \frac{54000}{140} \approx$$

≈ 120 сут.

Далее, принимая $t = 120$ сут, объем воды, израсходованный на насыщение единицы длины берега за это время, составит:

$$V_t = /10^2 - 5^2/ \sqrt{\frac{2 \times 0{,}15 \times 120}{3{,}14 \times 8{,}3}} = 90 \text{ м}^3,$$

При отсутствии грунтового питания определяем объем потерь, применяя к приведенным значениям формулу /21/,

$V_t = 1{,}1 \times 5 \sqrt{2 \times 0{,}15 \times 2 \times 5 \times 120} = 100$ м³, что на 15% больше по сравнению с потерями при питании грунтовыми водами.

1	2	3	4

г/ фильтрационные потери воды из пруда, устроенного на сухой балке

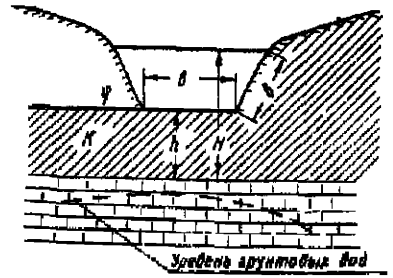


Рис. 7,г

Фильтрационный расход через дно пруда в сухой балке (по Биндеману), отнесенный к единице длины одного берега, равен:

$$q' = \frac{K \cdot H \cdot b_0}{2h}, \qquad (26)$$

Фильтрационный расход через склон балки на единицу длины берега равен

$$q'' = \frac{K \cdot H \cdot \beta}{0,0087 \cdot \varphi \beta + h} \qquad (27)$$

и суммарный расход воды на фильтрацию через дно и склон, отнесенный к единице длины одного берега, будет равен

$$q = q' + q'' = KH\left(\frac{b_0}{2h} + \frac{\beta}{0,0087 \varphi \beta + h}\right) \qquad (28)$$

где K – коэффициент грунтов, слагающих дно и отделяющих его от хорошо водопроводящего водоносного слоя; м/сут;

h – мощность слоя этих грунтов, м

H – уровень воды в пруде, над кровлей поглощающего пласта, м;

b_0 – ширина балки по дну, м;

β – длина склона балки, м;

φ – уклон берега в градусах;

$$C = \frac{\pi \cdot \varphi}{360} = 0,0087 \times$$

$C\varphi$ – длина пути фильтрации через склон, м

Фильтрационные потери воды из "висячего" пруда (или копани) приближенно могут быть определены применительно к расчетной схеме, показанной на рис.7,г и по следующей формуле:

$$Q = K \frac{H}{h} S, \qquad (29)$$

где S – площадь водной поверхности пруда (или копани), м²

Остальные обозначения показаны на рис. 7,г.

Пруд сооружается в сухой балке (рис.7,г); грунтовые воды находятся на глубине 10 м ниже дна балки в трещиноватых известняках с коэффициентом фильтрации >20 м/сут.

Кровля известняков находится на глубине 5 м ниже дна балки. Дно и склон балки сложены суглинками с коэффициентом фильтрации 0,05 м/сут. Глубина пруда 4 м, ширина балки по дну 100 м, угол откоса пруда 30°, длина откоса 7 м. Требуется определить фильтрационный расход через дно пруда, через склон берега и суммарный расход на протяжении 1000м берега пруда.

Решение. Так как ширина пруда значительно превосходит его глубину, а грунтовые воды находятся в хорошо водопроницаемых грунтах, то фильтрационный расход через дно балки может быть определен по формуле (26):

$$q' = \frac{K \cdot H \cdot b_0}{2h} = \frac{0,05 \times 9 \times 100}{2 \times 5} = 4,5 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Фильтрационный расход через склон берега, определяемый по формуле (27), составит:

$$q'' = \frac{K \cdot H \cdot \beta}{0,0087 \varphi \beta + h} = \frac{0,05 \times 9 \times 7}{0,0087 \times 30 \times 7 + 5} = 0,46 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Суммарный расход по формуле (28) составит:

$$q = q' + q'' = KH\left(\frac{b_0}{2h} + \frac{\beta}{0,0087 \varphi \beta + h}\right) =$$

$$= 0,05 \cdot 9 \left(\frac{100}{2 \times 5} + \frac{7}{0,0087 \times 30 \times 7 \times 5}\right) = 4,96$$

$$= 5,0 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Фильтрационный расход из пруда на 1 м его длины равен:

$2q = 5,0 \times 2 = 10$ м³/сут, на 1000 м длины пруда суммарный расход составит:

$Q = 10 \times 1000 = 10000$ м³/сут.

1	2	3	4

д) временные потери на насыщение берега пруда, для низконапорных грунтов, водоупорное ложе которых находится на уровне горизонта рейд или дна балки

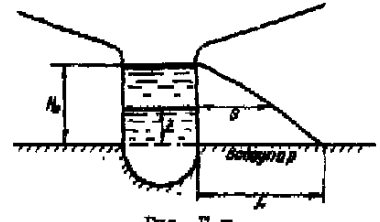


Рис. 7,д

Расчет фильтрационных потерь из пруда в данных условиях может производиться по формулам Н.Н.Биндемана:

$$S=\sqrt{2\frac{K}{\mu}(H_0-z)t}\,, \qquad (30)$$

где S – длина пути, пройденного струйкой воды от уреза реки вглубь берега, м;

t – время, за которое струйка проходит путь "S", считая от момента наполнения пруда, сут;

K – коэффициент фильтрации грунтов, м/сут;

μ – недостаток насыщения грунтов;

H_0 – высота напора, м;

z – высота струйки воды над первоначальным уровнем воды в реке до подпора или над поверхностью водоупорного ложа, м

Для нижней струйки, совпадающей с поверхностью водоупора, уравнение будет иметь вид:

$$L=\sqrt{3\frac{K}{\mu}\cdot H_0 t}\,. \qquad (31)$$

Объем воды, потерянный прудом за время t на единицу длины берега пруда, составит:

$$W=\mu F_t=\frac{2}{3}\mu H_0 L=\frac{2}{3}H_0\sqrt{2\mu K H t}\,, \qquad (32)$$

где $F_t=\frac{2}{3}H_0 L$.

1	2	3	4

в/ постоянные фильтрационные потери воды из пруда

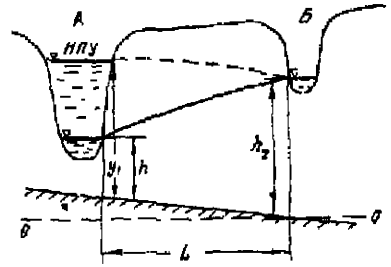


Рис. 7,е

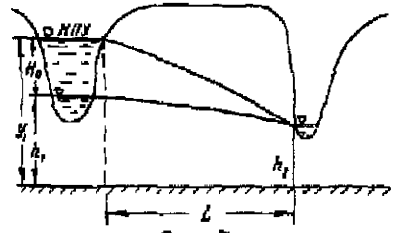


Рис. 7,ж

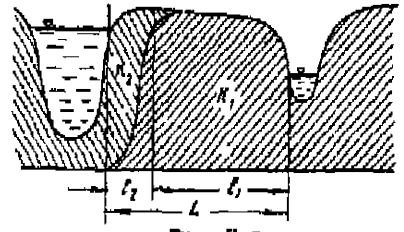


Рис. 7,з

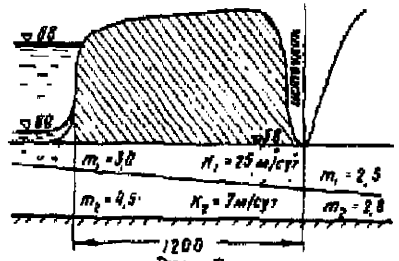


Рис. 7,и

Постоянные фильтрационные потери из пруда, отнесенные к единице длины его берега, определяются по формуле Н.Н.Биндемана:

$$q_п = \frac{K_1(y_1 - h_1)}{2}(i_1 + i_2 \pm i), \qquad (33)$$

где i – уклон водоупорного ложа (с минусом при наклоне водоупора в сторону регулируемой реки, с плюсом при наклоне его от реки);

h_1 и y_1 – мощность водоносного пласта (глубина грунтового потока) у берега пруда над водоупором соответственно до и после подпора.

При горизонтальном водоупоре (i=0):

$$q_п = \frac{K(y_1^2 - h_1^2)}{2L} \quad \text{для} \qquad (34)$$

(безнапорных вод)

Для напорных вод:

$$q_п = \frac{KH_0 m}{L}, \qquad (35)$$

где H_0 – превышение НПУ пруда над горизонтом реки, м;

m – мощность водоносного пласта, м;

Если коэффициент фильтрации грунтов неизвестен, но известна величина инфильтрационного питания, то при условии горизонтального водоупора (i=0) значение коэффициента фильтрации для (33) может быть найдено из зависимости:

$$K = \frac{W(L-x)}{\frac{h^2 - y_1^2}{x} + \frac{y_1^2 - h_1^2}{L}}; \qquad (36)$$

где h – глубина грунтового потока на расстоянии "X" от пруда, м;

W – инфильтрационное питание, м/сут.

Если склон долины проектируемого пруда сложен грунтами слабопроницаемыми по сравнению с грунтами международного массива (см.рис.7,з), то в формулах (33) и (35) величина "i" определяется из выражения:

$$i = i_1 + \frac{K_1}{K_2} i_2 \qquad (37)$$

Пример к формуле (33). Междуречный массив шириной 1000 м сложен однородными песками с коэффициентом фильтрации 10 м/сут. Водоупор имеет падение к реке "Б" с уклоном i =0,005; y_1=20 м; h_1=10 м, h_2= 16 м. В связи с устройством на реке "А" пруда, горизонт воды в ней испытывает напор 10 м. Требуется определить величину фильтрационных потерь из реки "А" на 1 км ее длины устройства пруда: движение фильтрационных вод после подпора будет направлено к реке "Б".

Фильтрационные потери составят:

$$q_п = \frac{10(20-10)}{2} - (\frac{20+10}{1000} + 0{,}005) =$$

= 1,75 м³/сут, а на 1 км длины берега:

$$Q = 1000\, q_п = 1750 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

Пример к формуле (34). Для условий предыдущего примера, но при водоупоре, залегающем горизонтально, получим:

$$q_п = \frac{10(20^2 - 10^2)}{2 \times 1000} = 1{,}5 \text{ м}^3/\text{сут} \quad \text{и}$$

$$Q = 1000 q_п = 1500 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Фильтрационные потери для этих же исходных данных, но с учетом инфильтрационного питания, принимаемого равным 50 м от количества годовых осадков = 500 мм, составят: при $W = \frac{500 \times 0{,}50}{1000 \times 365} = 0{,}00069$ м/сут

$$q_п = \frac{K(y_1^2 - h_1^2)}{2L} - \frac{WL}{2} =$$

$$= \frac{10(20^2 - 10^2)}{2 \times 1000} - \frac{0{,}00069 \times 1000}{2} = 1{,}15 \text{ м}^3/\text{сут},$$

а на 1 км берега пруда составят: $1000 q_п$ = =1150 м³/сут.

Пример к формуле (35). Определить потери воды на фильтрацию через водораздел на неоднородном двухслойном водоносном пласте. Длина берега пруда 2,5 км. Данные, необходимые для расчета, приведены на рис.7,и

Средний коэффициент фильтрации участка между прудом и рекой в I сечении:

I	2	3	4

$$K_{ср.I} = \frac{K_1 m_1 + K_2 m_2}{m_1 + m_2} = \frac{25 \times 3 + 7 \times 4,5}{3 + 4,5} = 14,2 \text{ м/сут},$$

во II сечении: $K_{ср.II} = \frac{25 \times 2,5 + 7 \times 2,8}{2,5 + 2,8} = 15,5 \text{ м/сут},$

$$K_{ср.} = \frac{14,2 \times 7,5 + 15,5 \times 5,3}{7,5 + 5,3} = 14,7 \text{ м/сут},$$

$$Q_п = \frac{K H_0 m}{L} = \frac{14,7 \times 6 \times 6,4}{1200} = 0,69 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Прогноз подпора грунтовых вод и подтопления территорий в зонах влияния прудов

УСЛОВИЯ ПОДПОРА	РАСЧЕТНАЯ СХЕМА	РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ	ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА
1	2	3	4

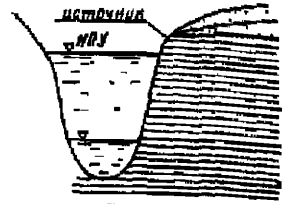


Рис. I
Берега пруда представлены водоупорными грунтами, исключающими развитие подпора и подтопления

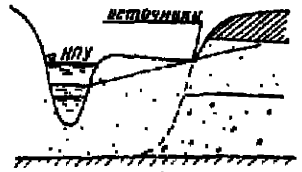


Рис. 2
Заболоченность и выходы источников у подошвы второй террасы исключают развитие подпора

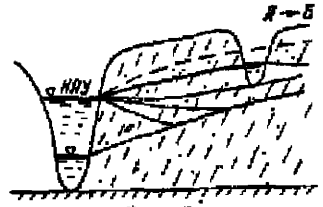


Рис. 3
Сухой овраг, исключающий развитие подпора на участке А–Б

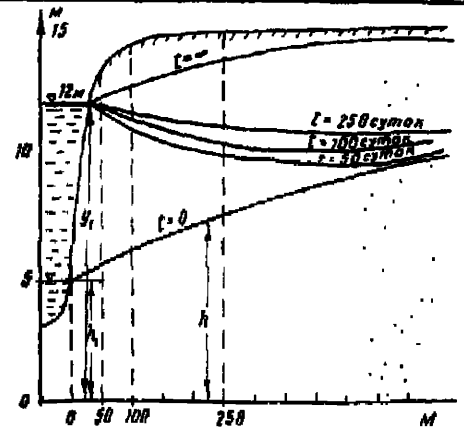


Схема I. Формирование подпора грунтовых вод во времени

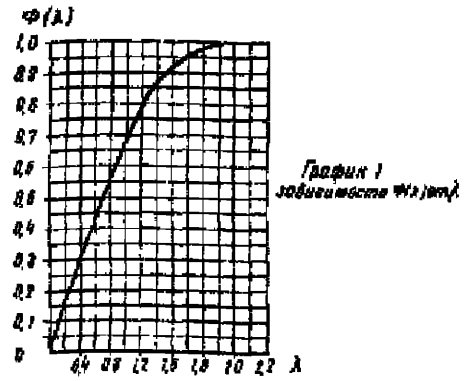


График I зависимости $\varphi(\lambda)=f(\lambda)$

Расчет неустановившегося подпора для полубесконечного потока /когда расстояние от уреза пруда до дренирующего понижения - реки, оврага и пр. относительно велико/, применяется уравнение кривой депрессии /по Н.Н.Веригину/

$$y=\sqrt{h_0^2+(y_1^2-h_0^2)[1-\varphi(\lambda)]}, \qquad (I)$$

где

$$\lambda=\frac{x}{2\sqrt{\frac{k}{\mu}h_{cp}t}} \qquad (2)$$

Расчет неустановившегося подпора для потока с постоянным напором на удаленной границе, производится по уравнению кривой депрессии

$$y=\sqrt{h_0^2+(y_1^2-h_0^2)\left[\frac{L-x}{L}-S\left(\tau;\frac{x}{L}\right)\right]} \qquad (3)$$

где $S\left(\tau;\frac{x}{L}\right)$ – ряд Фурье;

$$\tau=\frac{k h_{cp} t}{\mu L^2}; \qquad (4)$$

$\varphi(\lambda)$ – определяются по графику I;

$S\left(\tau;\frac{x}{L}\right)$ – определяются по графику 2;

μ – недостаток насыщения;

h_{cp} – средняя мощность потока при фильтрации из пруда равная

$$\frac{2h_1+h_0}{3}, \qquad (5)$$

С превышением фильтрации из пруда и началом грунтового питания

$$h_{cp}\approx\frac{y_1+h_0}{2} \qquad (6)$$

где h_0 – мощность грунтового потока до подпора в сечении, находящемся на таком расстоянии, при котором подпор практически выклинивается

Пример расчета к схеме I, уравнение (I). Определить положение кривой депрессии в процессе развития подпора. Участок сложен песками, имеющими коэффициент фильтрации K=4,8 м/сут, недостаток насыщения μ = 0,20. Водоупорное ложе потока горизонтально и имеет отметку 0. Мощность водоносного пласта у реки до подпора h_1= 5 м, после наполнения пруда y_1=I2 м. Определить положение кривой депрессии в сечениях, отстоящих на 50, I00, 250 и 500 м от берега пруда через t =50, I00, 250 сут от момента наполнения пруда и при $t=\infty$ (стационарная кривая). Порядок расчета приводим на примере определения мощности потока в сечении, отстоящем на I00 м от пруда, через 250 сут. от момента его наполнения. Мощность водоносного пласта до подпора в этом сечении h_0 = 7 м.

По формуле (5) имеем:

$$h_{cp}=\frac{2\times 12+5}{3}=9{,}67\ \text{м},$$

Вычислим по формуле (2):

$$\lambda=\frac{100}{2\sqrt{\frac{4{,}8}{0{,}20}\,9{,}67\cdot 250}}=0{,}203$$

По графику I находим значение $\varphi(\lambda)$ 0,235 и по формуле (I) вычисляем y:

$$y=\sqrt{7^2+(12^2-5^2)\cdot(1-0{,}235)}=11{,}82\ \text{м}.$$

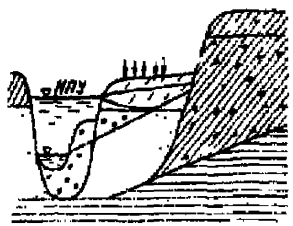
Положение стационарной кривой депрессии в этом же сечении:

$$y=\sqrt{7^2+(12^2-5^2)}=12{,}95\ \text{м}.$$

Ниже, в табл. приводятся данные о мощности водоносного пласта для различных сечений на различные периоды времени, полученные аналогичными расчетами.

Изменение кривой депрессии показано на схеме I.

1	2	3	4



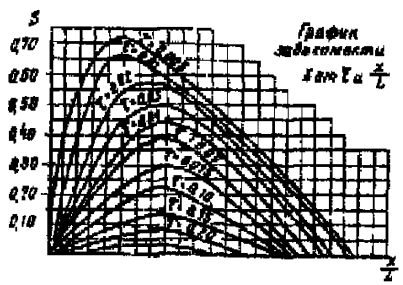


Рис.4
Развитие подпора грунтовых вод в пределах аллювиальных террас

Расстояние от берега пруда, м	Время от момента наполнения пруда t, сут.												стационарный подпор		
	0			50			100			250					
	λ	$\varphi(\lambda)$	y	λ	$\varphi(\lambda)$	y	λ	$\varphi(\lambda)$	y	λ	$\varphi(\lambda)$	y	λ	$\varphi(\lambda)$	y
50	I	6,07	0,235	0,255	II,20	0,I85	0,I85	II,57	0,I04	0,II5	II,92	0	0	I2,48
I00	I	7,0	0,470	0,495	I0,43	0,329	0,362	II,I7	0,208	0,235	II,82	0	0	I2,86
250	I	9,I0	I,I75	0,850	9,85	0,824	0,750	I0,6I	0,52I	0,537	II,74	0	0	I4,90
500	I	I2,0	2,350	0,989	I2,0I	I,628	0,984	I2,04	I,042	0,853	I2,76	0	0	I5,95

Продолжение прил. IO

1	2	3	4

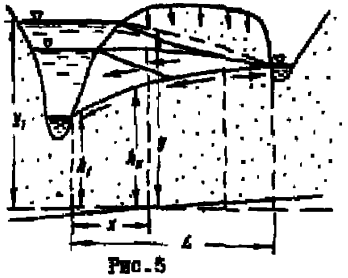


Рис.5

Изменение течений грунтовых вод в зависимости от подпора. Уровень в соседней реке /являющейся удаленной границей/ сохраняется

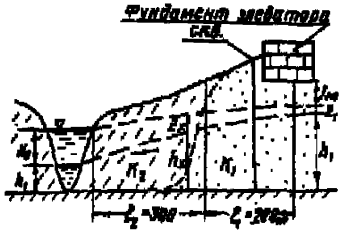


Рис 6

Развитие подпора грунтовых вод в неоднородных грунтах

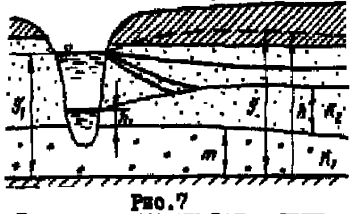


Рис.7

Подпор грунтовых вод в двухслойном пласте /горизонтальном/

На прудах с сезонным регулированием и значительной сработкой уровней в течение года формирование подпора грунтовых вод и подтопление территорий в зонах влияния прудов будут происходить в условиях неустановившегося *режима фильтрации*, т.е. будет иметь место неустановившийся подпор.

Стационарный /установившийся/ подпор для указанных условий возможен лишь в отдельных случаях, когда имеется высокая водопроницаемость и большая мощность водопроводящих пластов, слагающих зоны возможного развития подпора.

В связи с этим приводятся примеры расчетов подпора, в основном, для случаев с неустановившимся режимом фильтрации.

В графе "Расчетные зависимости" приводятся формулы для расчета подпора грунтовых вод при неустановившейся фильтрации в простых гидрогеологических условиях /однородный пласт, горизонтальный водоупор, быстрое наполнение пруда/.

В сложных гидрогеологических условиях следует пользоваться методом расчета *неустановившегося* движения грунтовых вод в конечных разностях, разработанным Г.Н.Каменским, а также моделированием на гидроинтеграторах.

Определение максимально допустимого подпора грунтовых вод в однородных пластах при стационарном режиме фильтрации производится по уравнению /см.рис.6/:

$$z_x = \sqrt{(h_1 + z_1)^2 - h_1^2 + h_1^2 \frac{x}{L}} \quad (7)$$

Определение уровня грунтовых вод до подпора в месте причленения речной террасы к коренному берегу производится по уравнению:

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{e(h_1^2 - h_2^2)}{K_1\left(\frac{x}{K_1} + \frac{L-x}{K_2}\right)}} \quad (8)$$

Определение максимально допустимой величины подпора воды в реке, при котором исключается подтопление фундамента, производится по уравнению:

$$H_0 = \sqrt{(h_x + z_x)^2 - h_x^2 + h_2^2} - h_2 \quad (9)$$

Пример расчета к рис.5, уравнение (3). Определить мощность водоносного пласта при подпоре в сечении, находящемся на расстоянии I=500 м от уреза пруда через I00 сут после наполнения пруда. Мощность водоносного пласта в этом сечении до подпора была h_x = I2 м, в начальном сечении h_1 = 8 м. Превышение НПУ пруда над водоупором y_1=I8 м. Коэффициент фильтрации пласта K= I0 м/сут, недостаток насыщения μ =0,20. Расстояние от уреза пруда до соседней реки L = 2000 м.

Определяем по формуле (5):

$$h_{cp} = \frac{2 \times 18 + 8}{3} = 14{,}65 \text{ м}$$

Вычисляем значение τ по формуле (4):

$$\tau = \frac{10 \times 14{,}65 \times 100}{0{,}20 \times 2000^2} = 0{,}0183.$$

По графику 2 при $\frac{I}{L} = \frac{500}{2000} = 0{,}25$ находим значение функции

$$S(\tau, \frac{I}{L}) = 0{,}57$$

Определяем по формуле (3) мощность водоносного пласта при подпоре в расчетном сечении:

$$y = \sqrt{12^2 + (18^2 - 8^2)\left(\frac{2000-500}{2000} - 0{,}57\right)} = 13{,}80 \text{ м}.$$

Следовательно, в этом сечении за I00 сут уровень грунтовых вод поднимется на

$$y - h_x = 13{,}80 - 12 = 1{,}80 \text{ м}$$

Расчеты подпора грунтовых вод по времени по формулам (I) и (3) не учитывают влияния периодических сработок пруда – фактора достаточно важного. Для более правдивого прогноза режима грунтовых вод в прибрежной зоне следует расчеты подпора производить при среднедействующих напорах

Пример расчета к рис. 6. Определить уровень воды в месте причленения речной террасы к коренному берегу и максимальную величину подпора в реке, при котором не происходит подтопления фундамента элеватора (уровень грунтовых вод должен располагаться на глубине не менее I м от подошвы фундамента). Коренные берега должны сложены песками с коэффициентом фильтрации K_1=4 м/сут, речная терраса – супесями с коэффициентом фильтрации K= 0,5 м/сут. Водоупорный слой залегает горизонтально. Остальные, необходимые для расчета значения, приведенные на рис.6, составляют: h_1 = I2 м, z_1 = 4м, h_2= 8 м, z_2 = 200 м, L_2= 900 м.

1	2	3	4

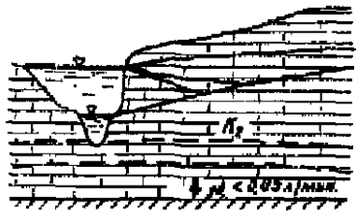


Рис 8

Решение. Определяем уровень грунтовых вод до подпора в месте примыкания террасы к коренному берегу по формуле (6):

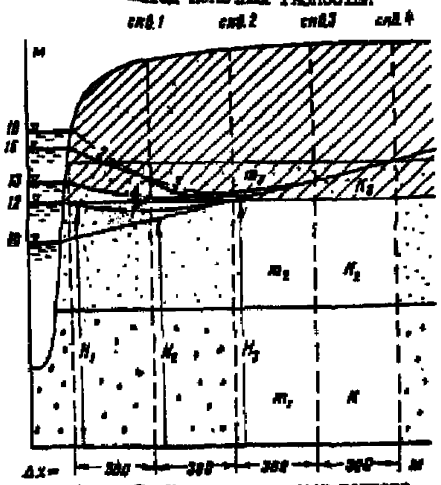
$$H_1 = \sqrt{12^2 - \frac{200\,(12^2 - 8^2)}{4\left(\frac{200}{4} + \frac{300}{0{,}5}\right)}} = 11{,}75 \text{ м}$$

По данным скважины, пройденной у здания элеватора, устанавливаем, что максимально допустимый подъем уровня грунтовых вод под основанием элеватора z_1 составляет 4 м. Допустимый подпор уровня грунтовых вод в месте примыкания речной террасы к коренному берегу z_x определяем по формуле (7):

$$z_x = \sqrt{(12 + 4)^2 - 12^2 + 11{,}75^2} - 11{,}75 = 4{,}05 \text{ м},$$

Максимально допустимую величину подпора воды в реке, при которой не произойдет подтопления элеватора, H_0 определяем по формуле (9):

$$H_0 = \sqrt{(11{,}75 + 4{,}06)^2 - 11{,}75^2 + 8^2} - 8 = 5{,}25 \text{ м}$$

УСЛОВИЯ ПОДПОРА	РАСЧЕТНАЯ СХЕМА	РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ	ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА
Развитие неустановившегося подпора грунтовых вод в прибрежных зонах прудов при однних гидрогеологических условиях /неоднородность водопроводящих пластов, уклоны водоупоров, переменный режим уровней в прудах/	МЕТОД КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ  Схема II. Кривые изменения подпора во времени: 1 – при t = 30 сут; 2 – при t =60 сут; 3 – при t = 90 сут; 4 – при t =120 сут.	Расчет прогноза неустановившегося режима грунтовых вод по методу конечных разностей производится по формуле: $H_{n,S}H=H_2-\frac{K\cdot\Delta t}{2\mu\Delta x^2}(h_1^2+h_3^2-2h_2^2)+$ $+\frac{w}{\mu}\Delta t$, (10) где H_1, H_2, H_3 – глубины потока в трех последовательных сечениях 1,2,3 в момент времени S; w – инфильтрационное питание, м/сут; μ – недостаток насыщения в зоне аэрации; Δt – интервал времени, сут; Δx – расстояние между расчетными сечениями, м; K – коэффициент фильтрации грунтов, м/сут.	Расчет прогноза режима грунтовых вод в прибрежной зоне пруда. Исходные данные: уровень воды до устройства пруда в реке – 10 м, в скважине 1-11 м, в скважине 2-12 м, в скважине 3-13 м и в скважине 4-14 м; расстояние между скважинами, через которые проходит расчетное сечение, Δx = 300 м. Водоупорное ложе горизонтально, средневзвешенный коэффициент фильтрации для трехслойного разреза составляет: $K_{ср.}=\frac{K_1m_1+K_2m_2+K_3m_3}{m_1+m_2+m_3}=\frac{20\cdot5+7\cdot3+2\cdot2}{5+7+2}\approx 10$ м/сут ; недостаток насыщения μ = 0,20; изменение отметок горизонта пруда во времени: **Время Δt от начала наполнения пруда, сут. / Отметка уровня воды, м** 0 – 10,0 30 – 12,0 60 – 16,0 90 – 15,0 120 – 13,0 Ввиду малой водопроницаемости покровных суглинков и малой продолжительности рассматриваемого периода времени, инфильтрацию атмосферных осадков w принимаем равной нулю. Интервал изменения Δt принимаем равным 30 сут. При этом условии множитель перед скобкой формулы /10/ $\frac{10\times 30}{2\times 0{,}2\times 900^2}=0{,}00835$, Через 30 сут. после наполнения у скважины 1 H_1= 12 м; H_2 = 11 м; H_3 = 12 м; $H_{n,S}$= 11 + 0,0835 /12^2+ 12^2 – 2 x 11^2/ = 11,40 м; у скважины 2 H_1= 11 м, H_2= 12 м, H_3 – 13 м, $H_{n,S,1}$= 12 + 0,00835 /11^2 + 13^2 – 2 x 12^2/ = 12,02 м. Таким образом, уровень воды через 30 сут. практически не повысился, поэтому дальнейшие расчеты прекращены.

УСЛОВИЯ ПОДОБРА	РАСЧЕТНАЯ СХЕМА	РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ	ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

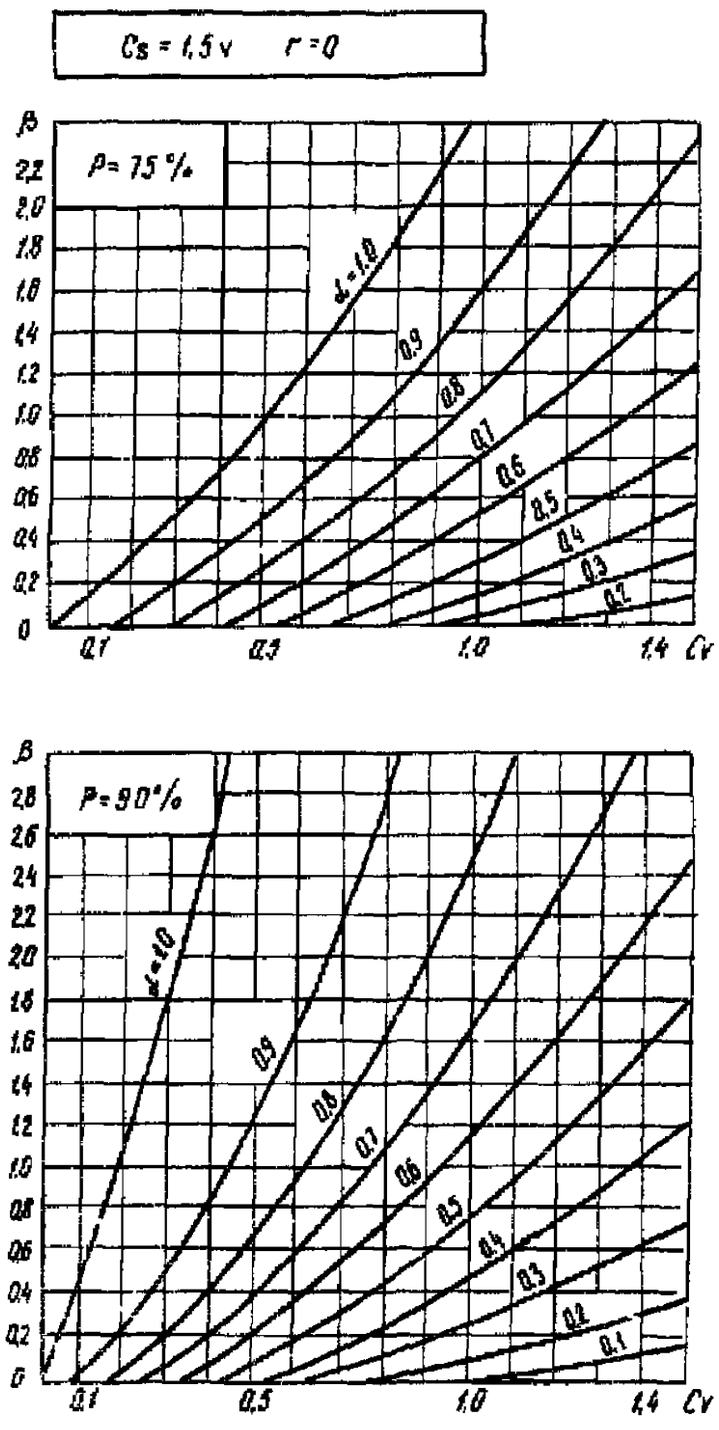
Через 60 суток после наполнения пруда: у скважины I – H_I = I6 м, H_2 = II,40 м, H_3 = I2,02 м, $H_{д.\,3+1}$ = II,40 + 0,00835 /$I6^2$ + + $I2,02^2$ – 2 x $II,40^2$/ = I2,60 м; у скважины 2 – H_I = II,40 м, H_2 = I2 м, H_3 = I3 м, $H_{д.\,3+1}$ = I2 + 0,00835 x / $II,40^2$ + $I3^2$ – – 2 x $I2^2$/ = I2,I0 м; у скважины 3 – H_I = I2,02 м; H_2 = I3 м, H_3 = I4 м, $H_{д.\,3+1}$ = I3 + 0,00835/$I2,02^2$-$I4^2$-2xI3/ = I3,00 м и т.д.

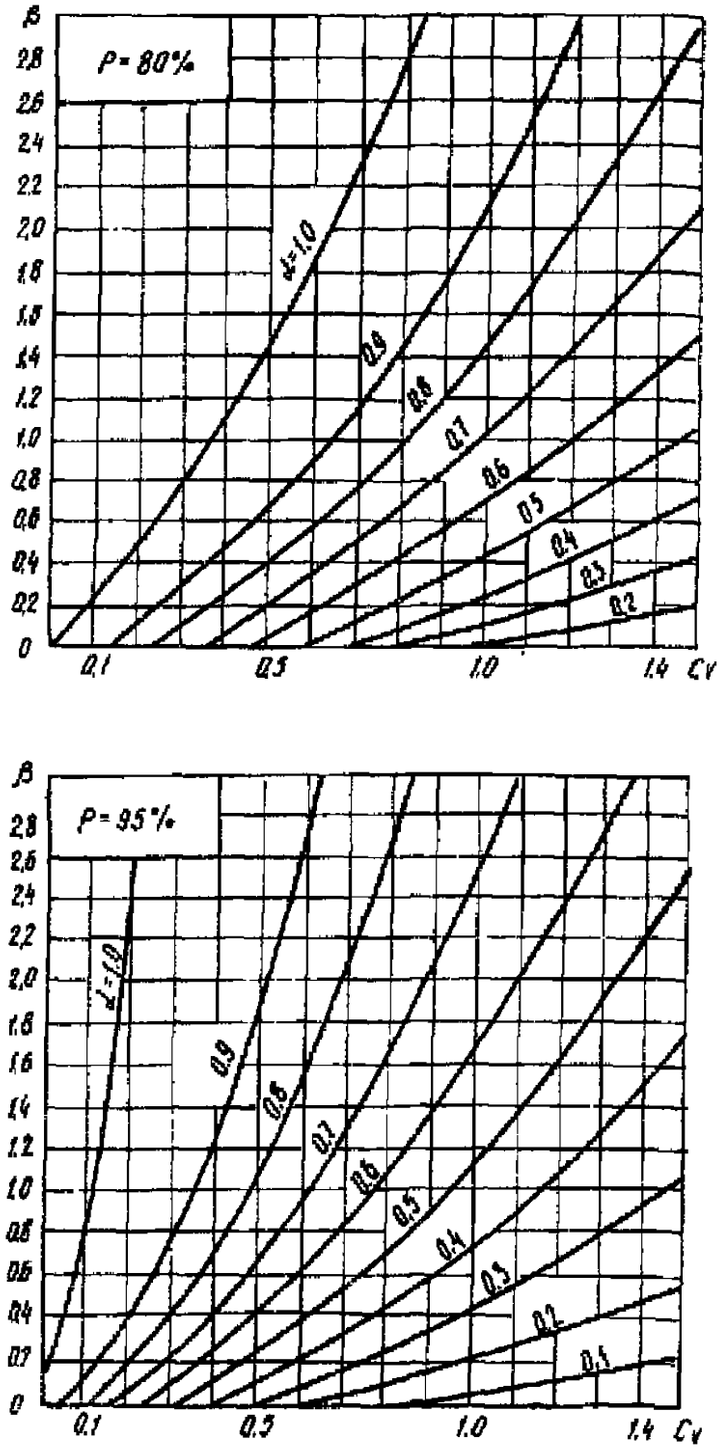
Дальнейшие расчеты выполняются аналогично приведенным выше. Результаты расчетов прогноза изменения уровней грунтовых вод, м, приводятся в следующей таблице:

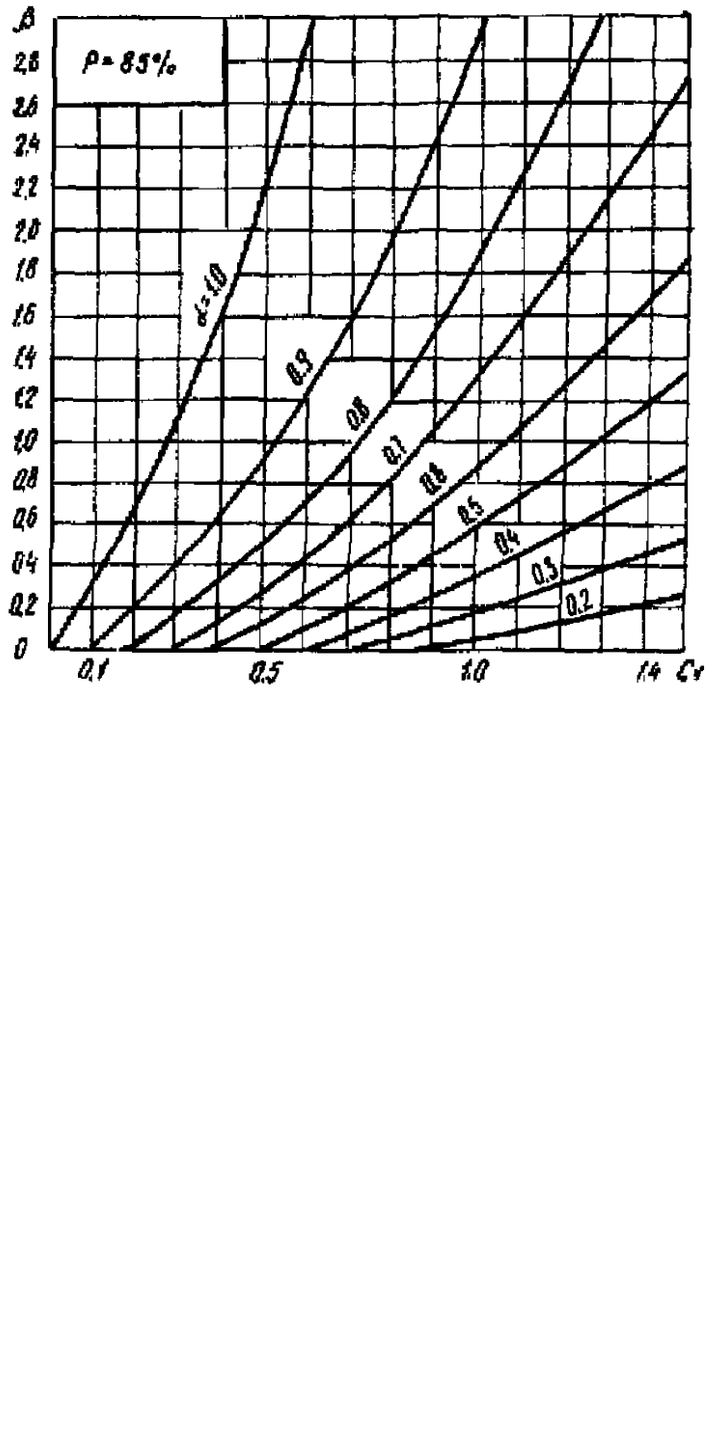
Таблица

Пункты замеров уровней		Время t, сут				
		0	30	60	90	I20
Река	0	I0	I2	I6	I5	I3
Скважины	I	II,4	II,49	I2,60	I3,04	I4,00
	2	I2,02	I2,02	I2,I0	I2,40	I2,67
	3	I3,00	I3,00	I3,00	I3,00	I3,40
	4	I4,00	I4,00	I4,00	I4,00	I4,00

Полученные по расчетам депрессионные кривые изображены на схеме II.

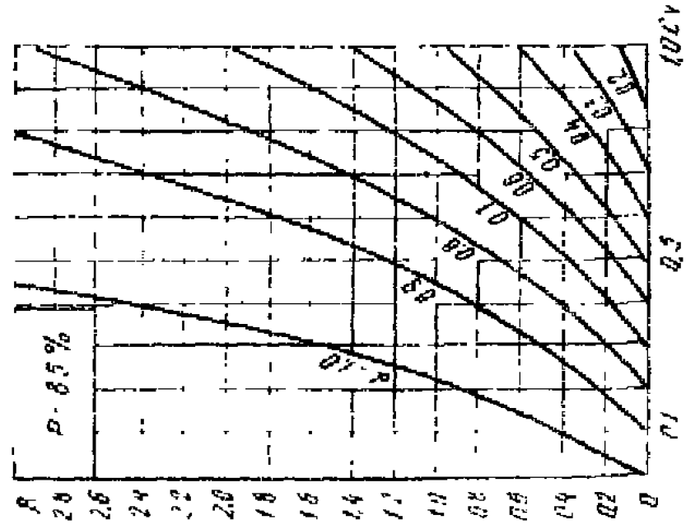

Cs = 1,5 v r = 0
P= 75 %
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

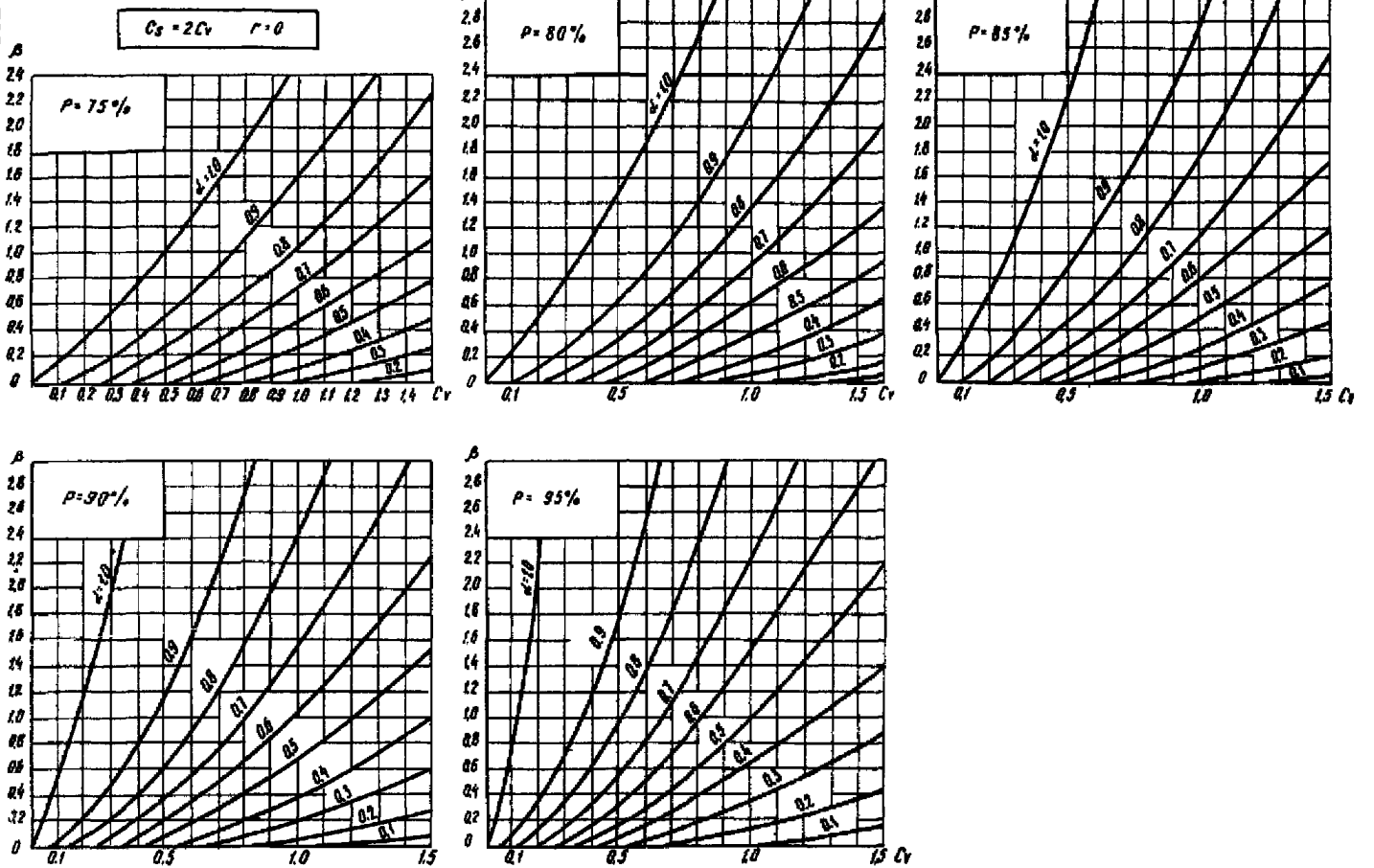

P= 80%
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

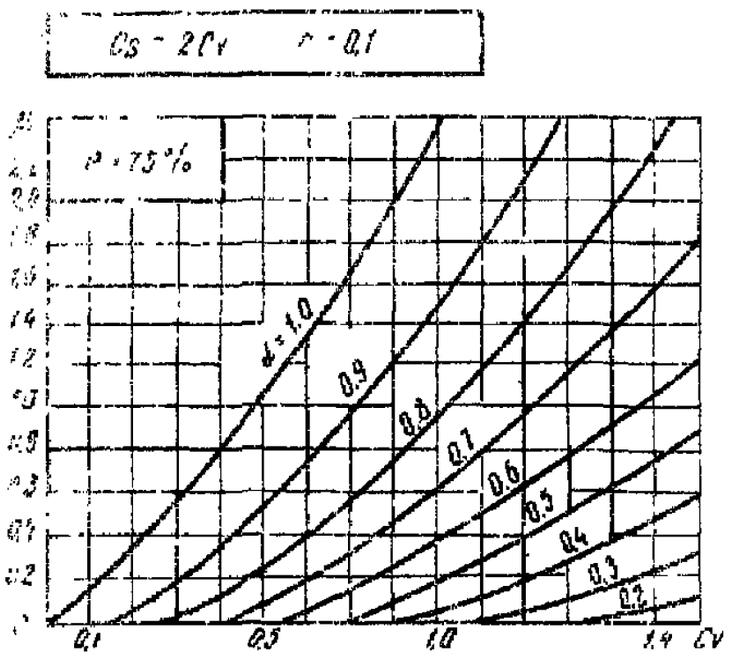

P= 85%
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

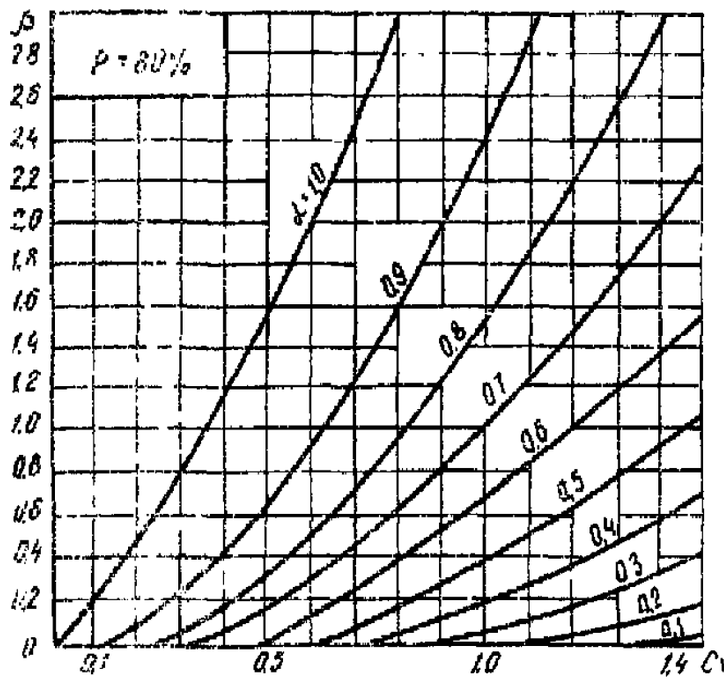
P= 90%
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

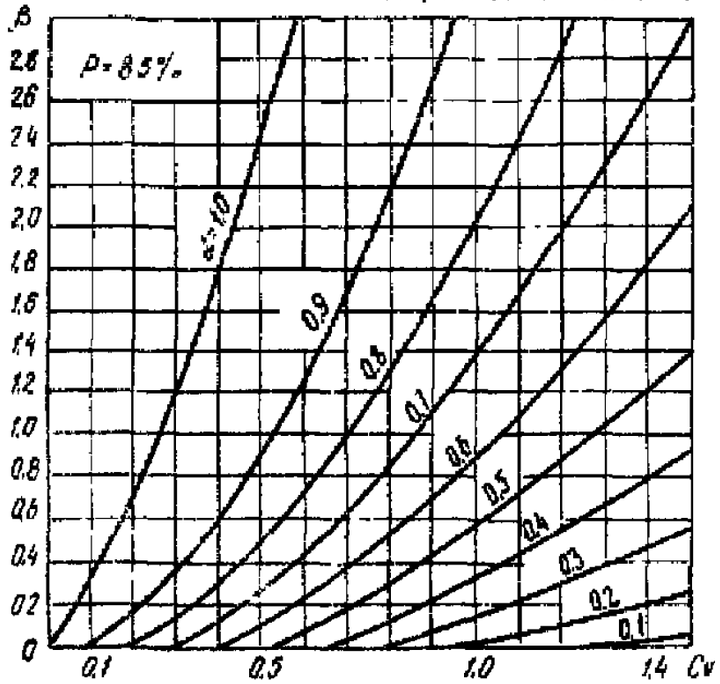
P= 95%
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

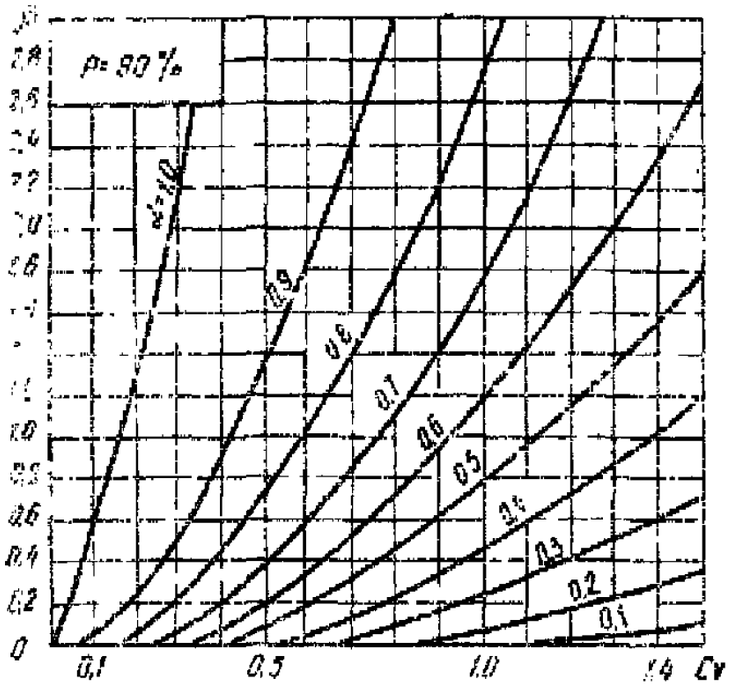

P = 85%
P = 80%
P = 95%
P = 75%
P = 90%
Cв = 1,5 v r = 0,3

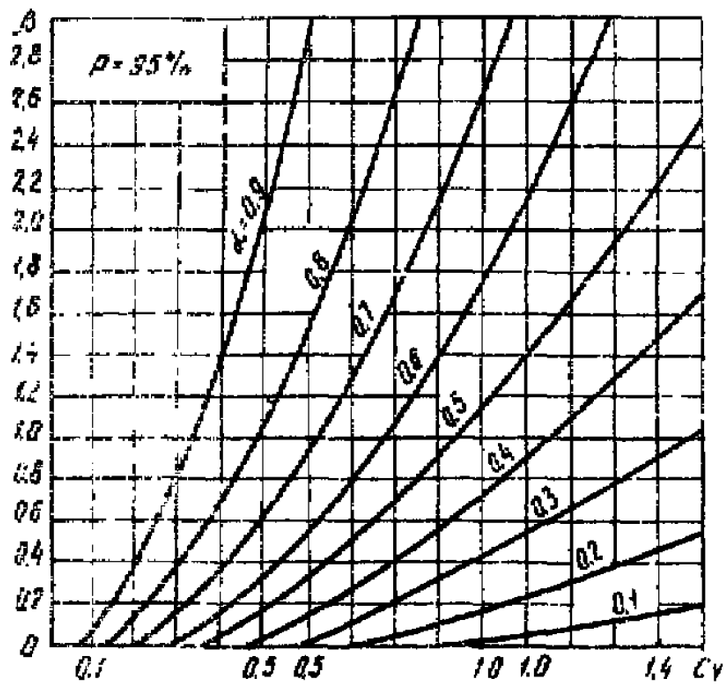

Cs = 2Cv r = 0
P= 75%
P= 80%
P= 85%
P=90%
P= 95%
β
Cv
Cs
d=10
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1

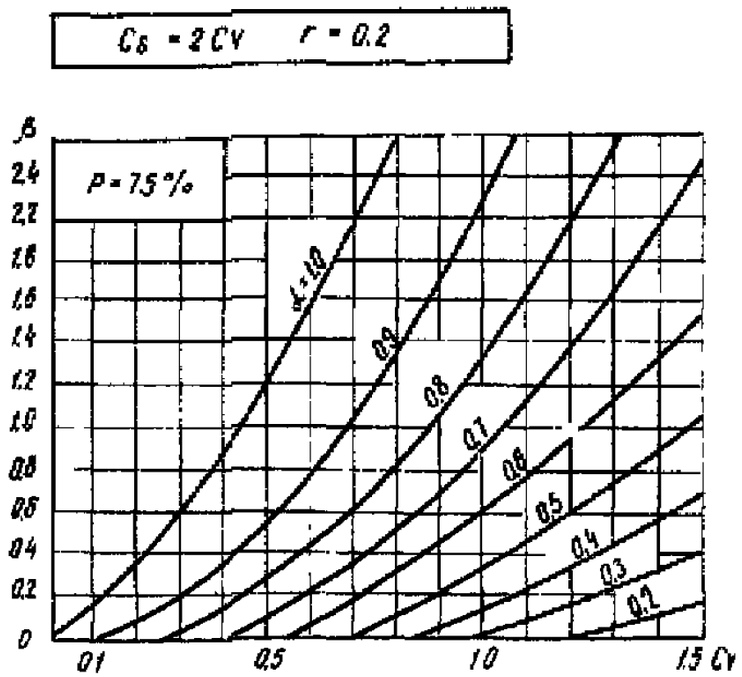

Cs = 2Cv
P = 75%
β
α=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

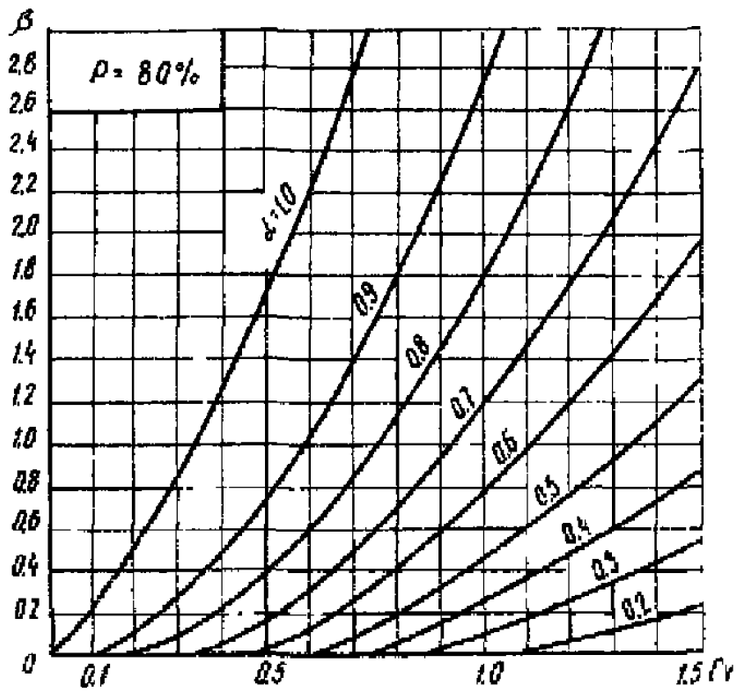

P = 80%
β
α=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

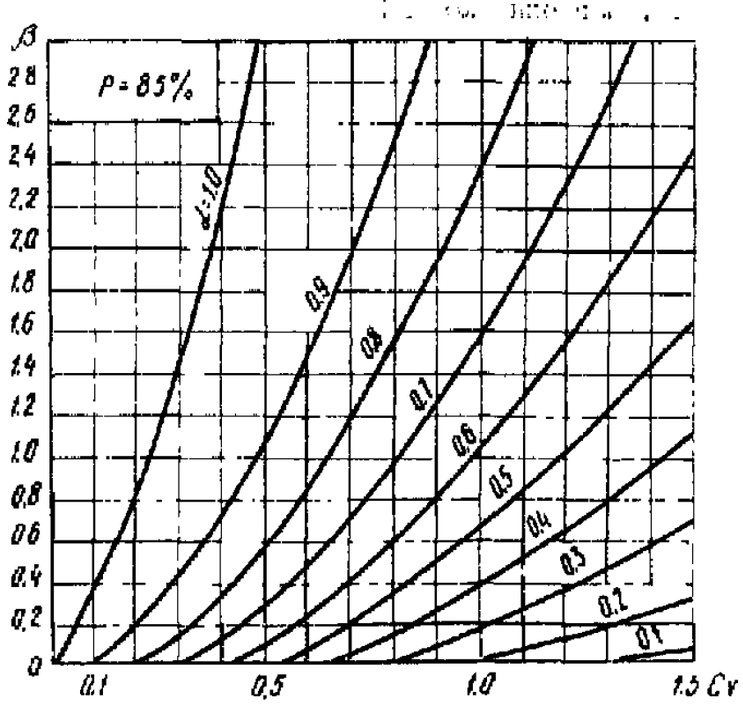

P = 85%
β
α=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

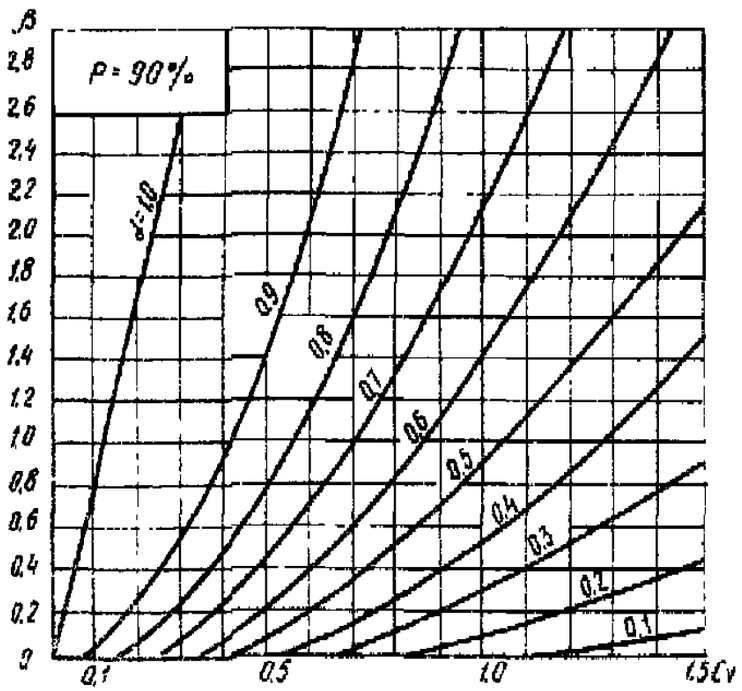

P = 90%
β
α=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

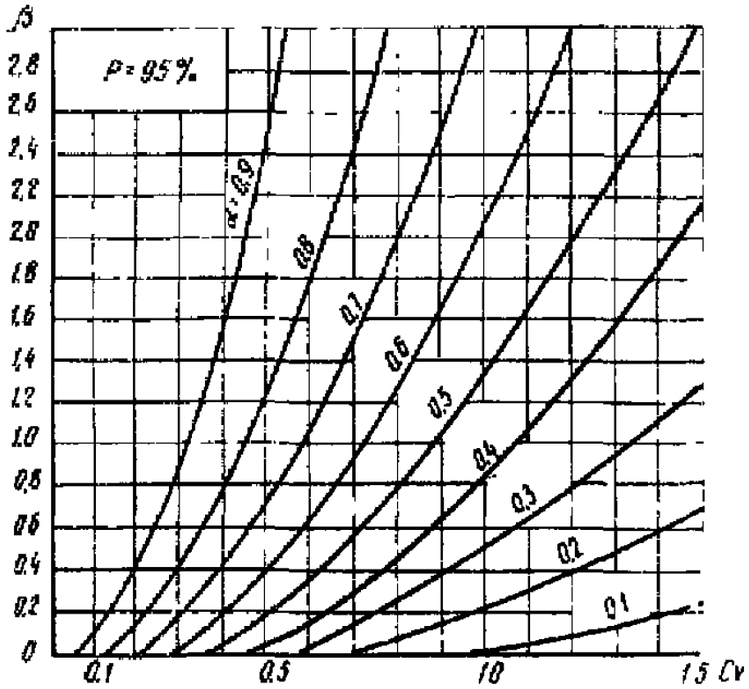

P = 95%
β
α=0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4 Cv

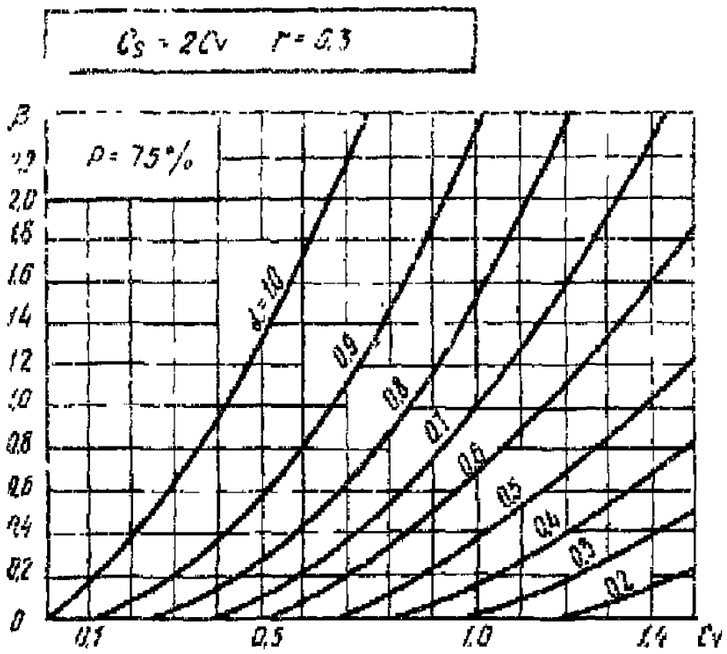

$C_s = 2\,C_v \quad r = 0.2$
P = 75%
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.5 Cv

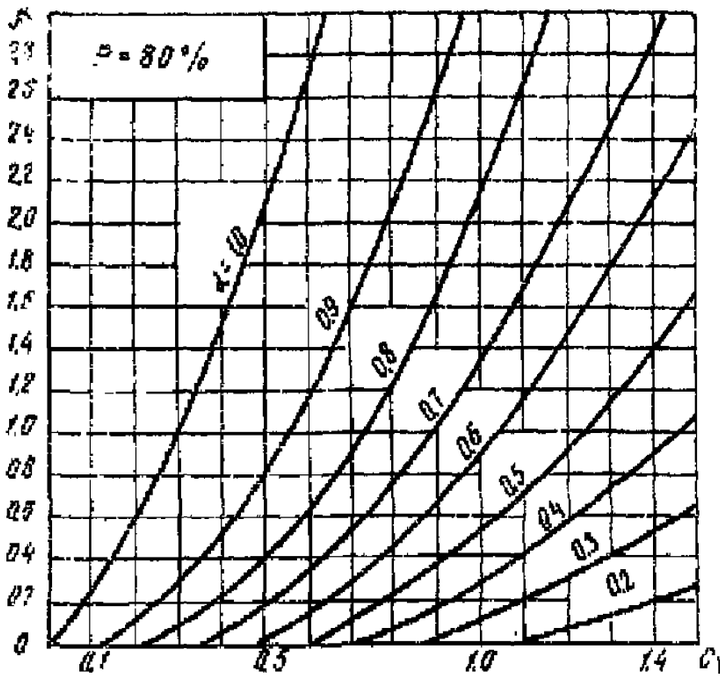

P = 80%
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.5 Cv

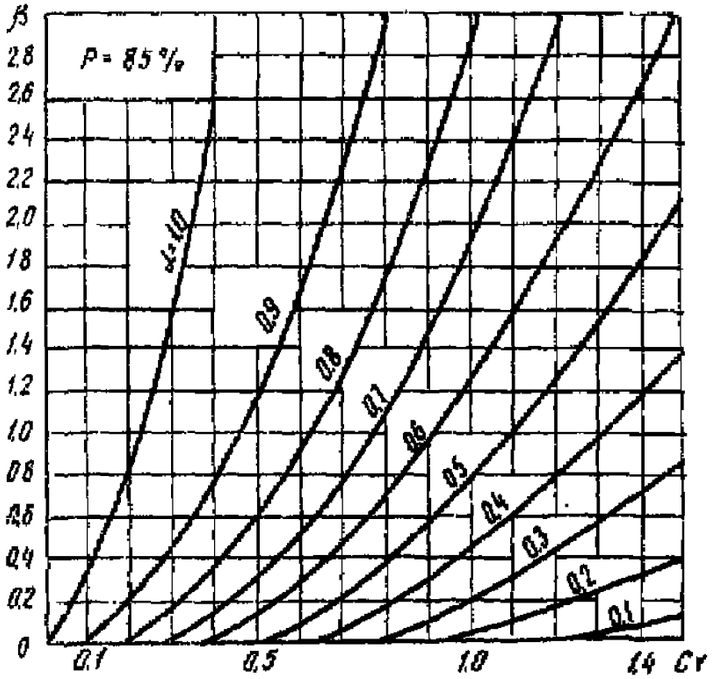

P = 85%
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.5 Cv

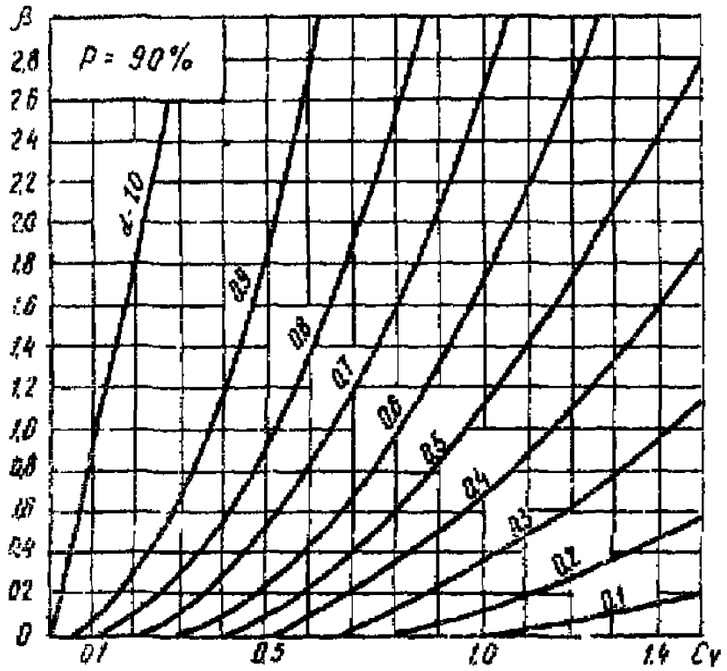

P = 90%
β
d=1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.5 Cv

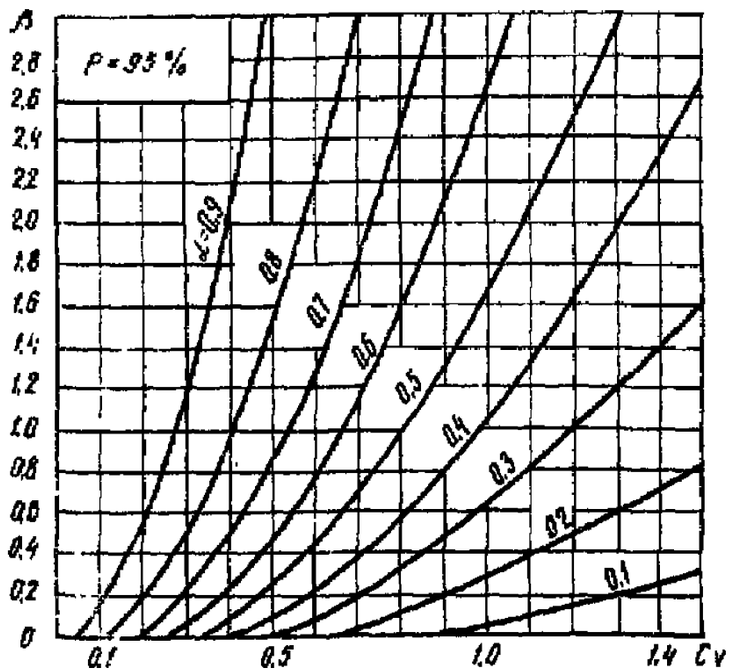

P = 95%
β
d=0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.5 Cv

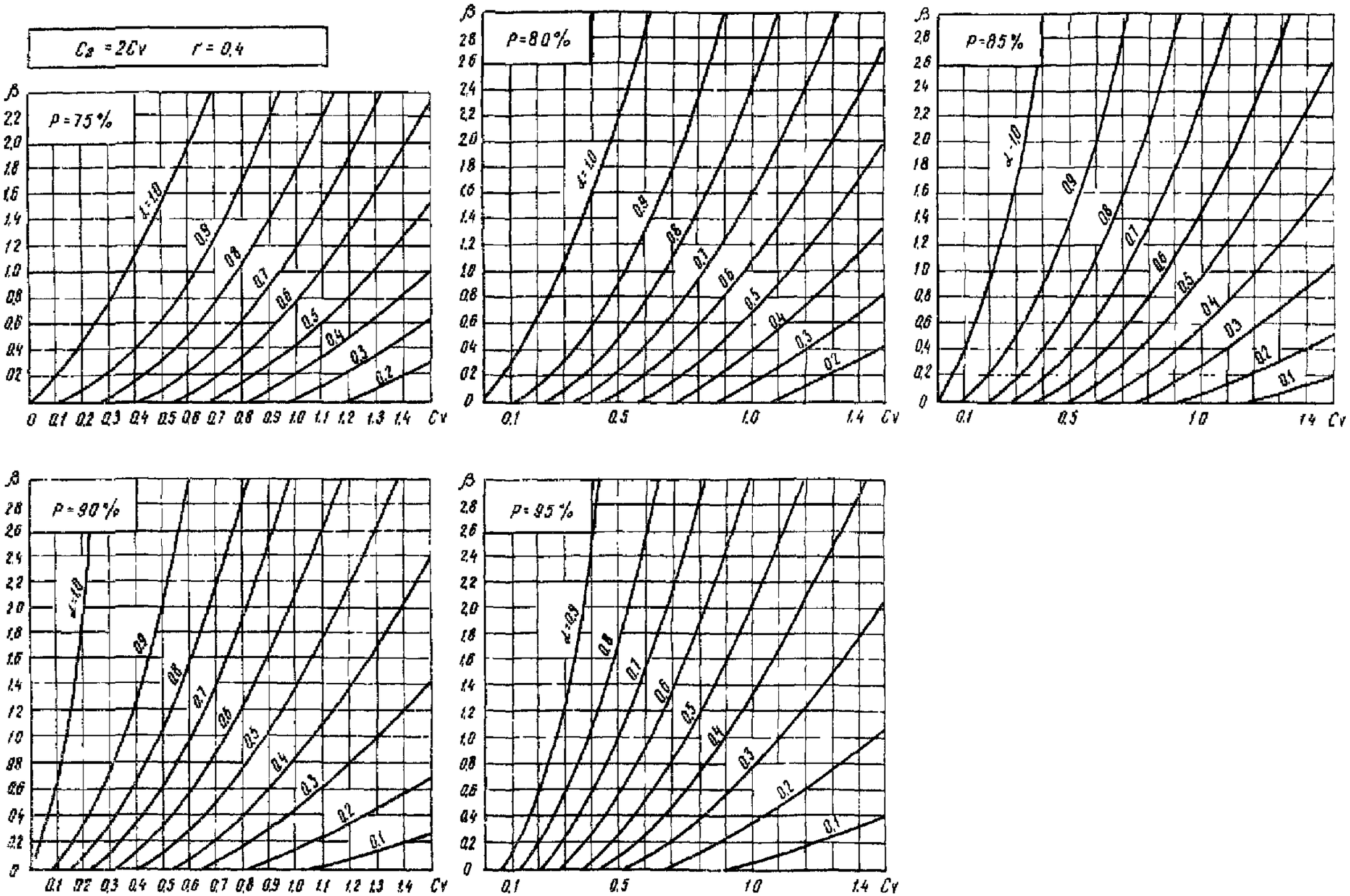

Cs = 2Cv r = 0.3
P = 75%
β
d = 1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4
Cv


P = 80%
β
d = 1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.5
1.0
1.4
Cv


P = 85%
β
d = 1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4
Cv


P = 90%
β
d = 1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4
Cv

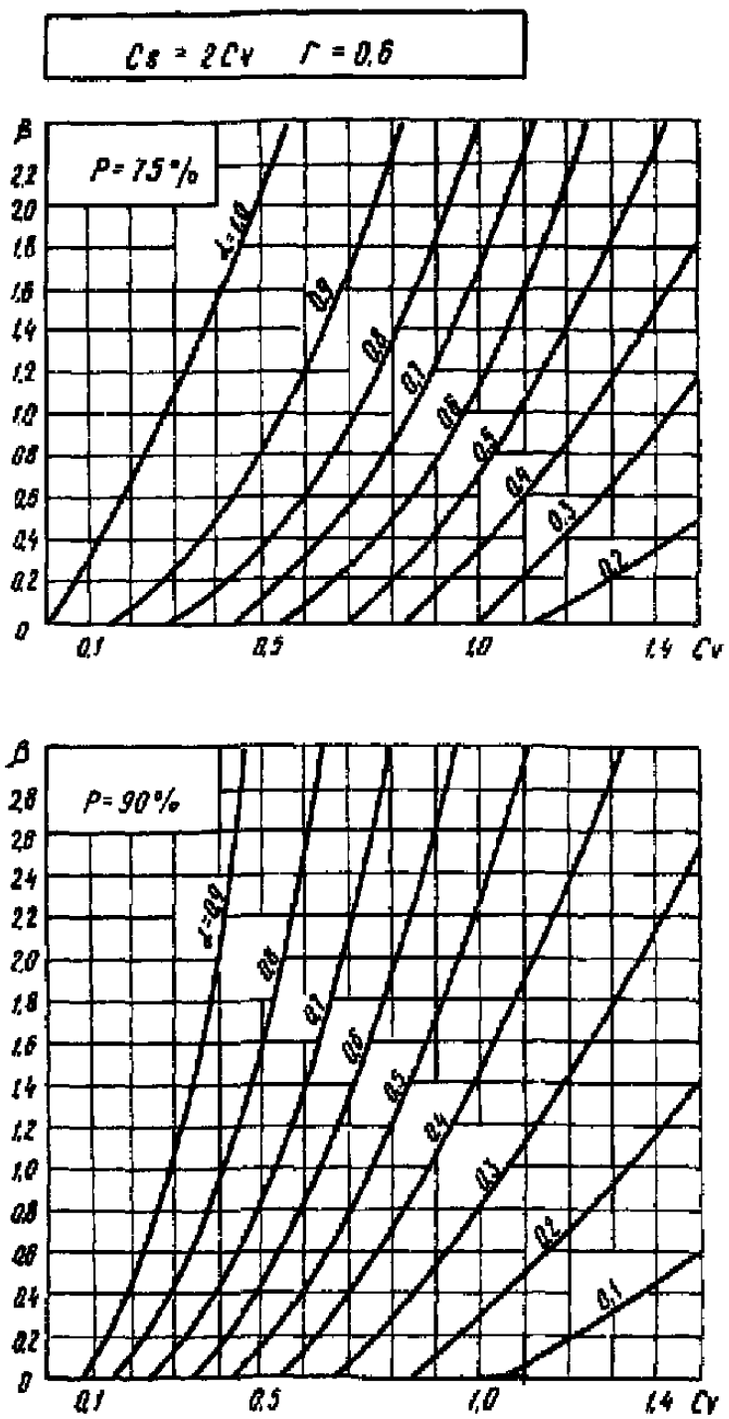

P = 95%
β
d = 0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.5
1.0
1.4
Cv

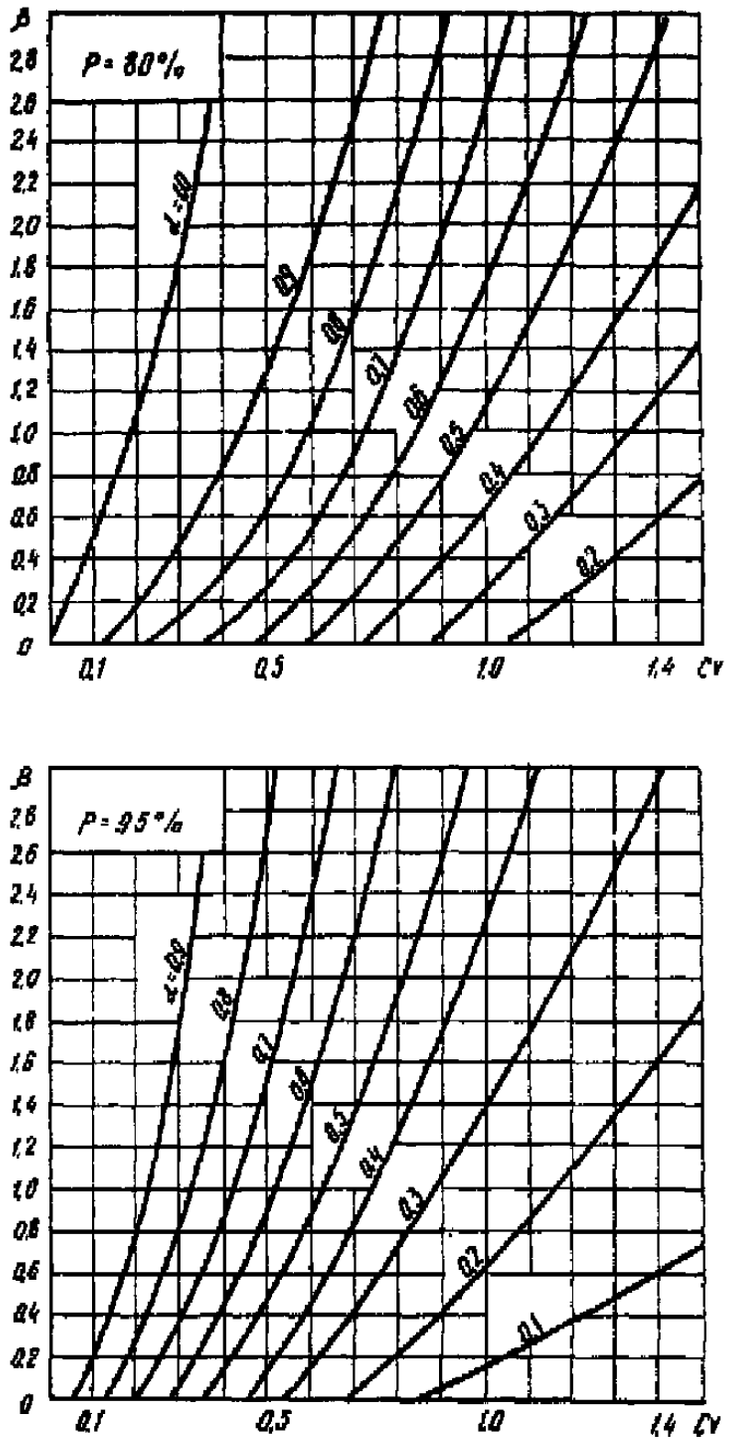


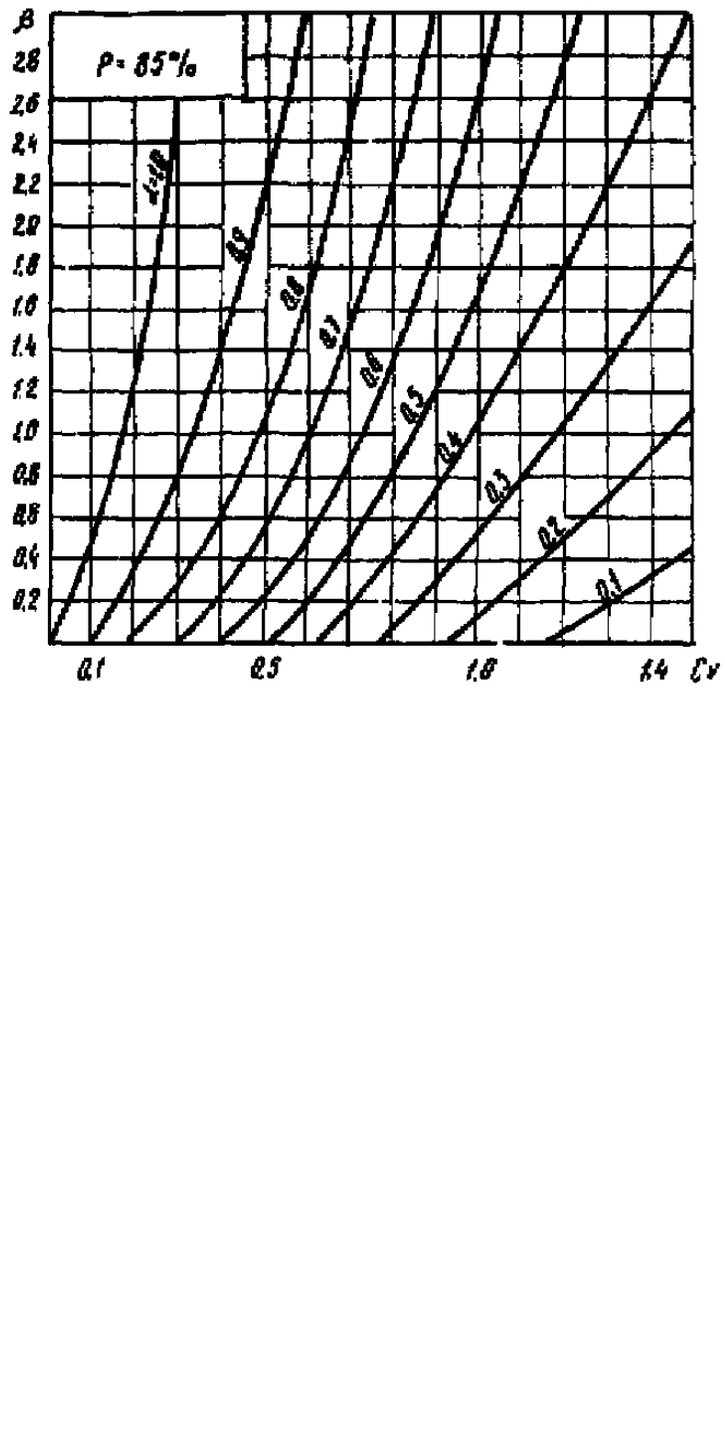
$C_2 = 2C_v$ $r = 0,4$
P = 75 %
P = 80 %
P = 85 %
P = 90 %
P = 95 %
β
Cv

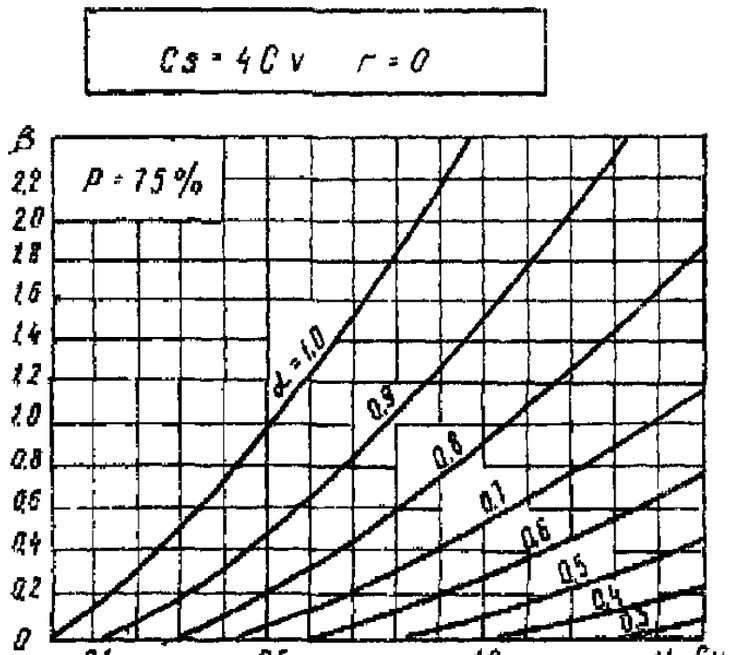
P=85%
P=80%
P=75%
P=90%
P=95%
Cs = 2Cv
r = 0.5
β
Cv

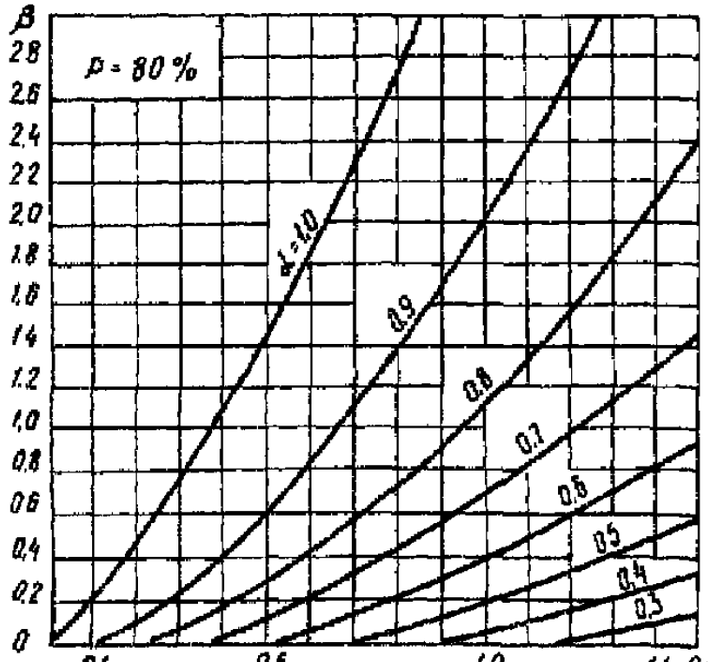
Продолжение прил. II

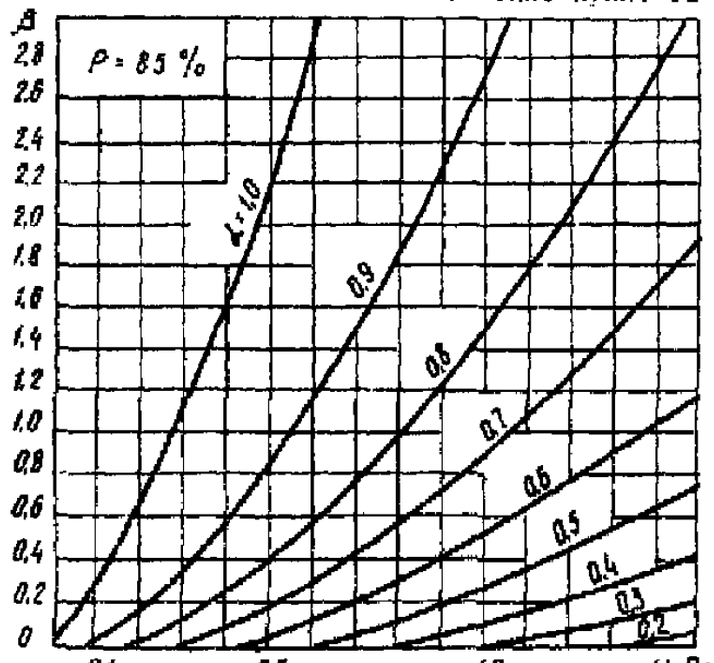


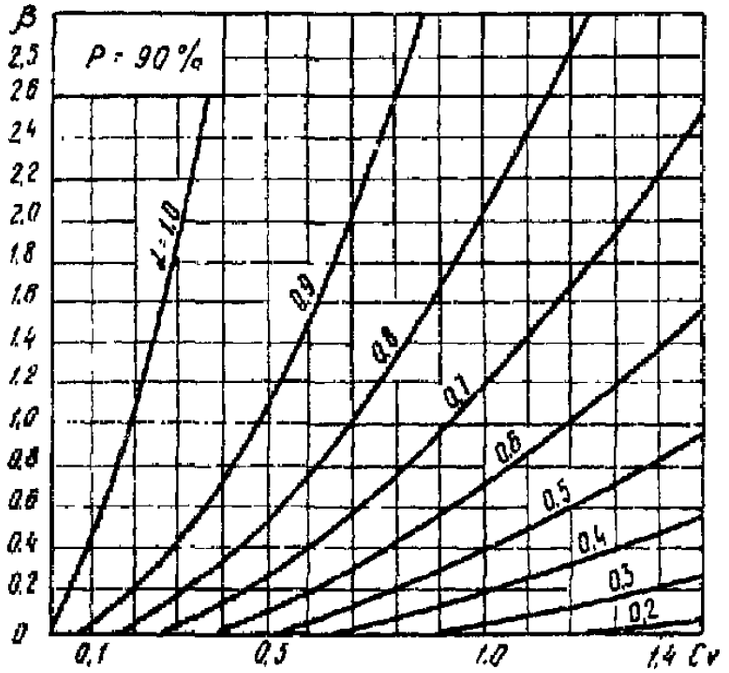


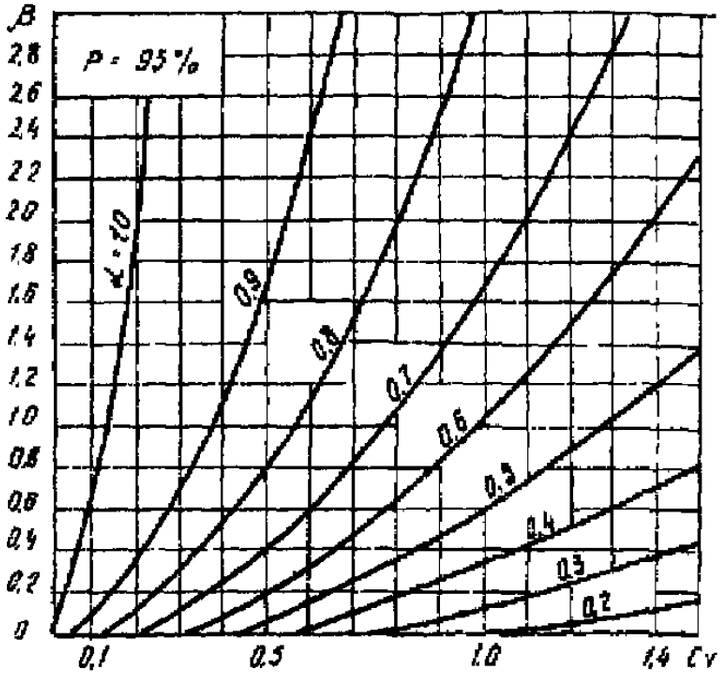



Cs = 4Cv r = 0
P = 75 %
β
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
α = 1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,1
0,5
1,0
1,4 Cv

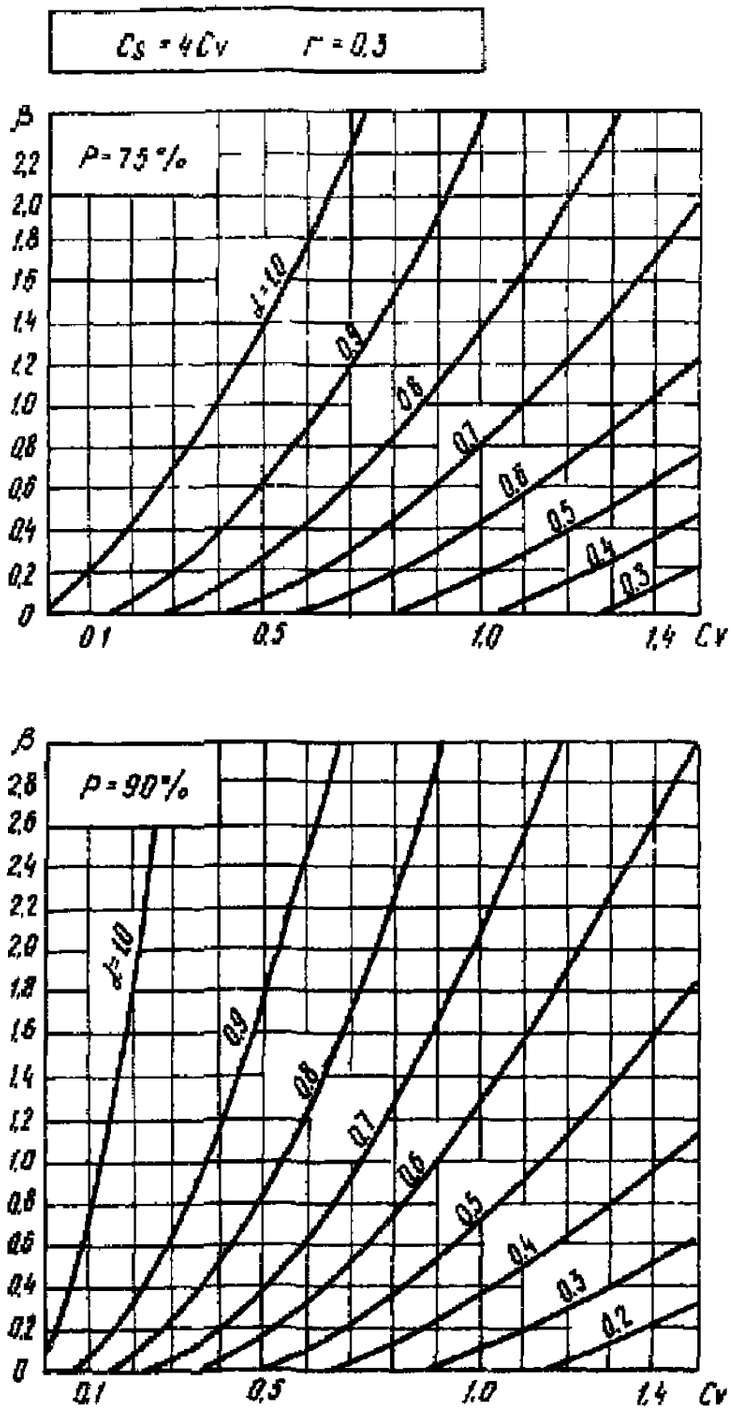

P = 80 %
β
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
α = 1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,1
0,5
1,0
1,4 Cv

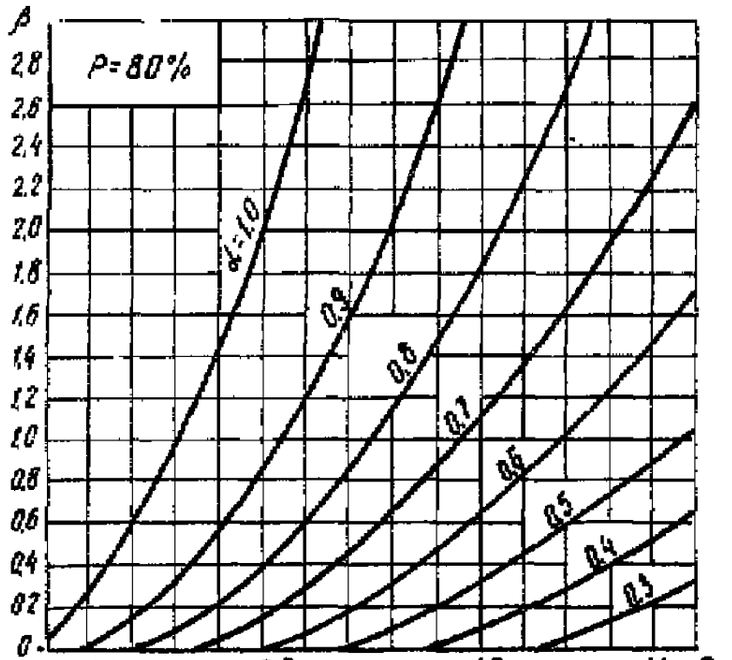

P = 85 %
β
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
α = 1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,5
1,0
1,4 Cv

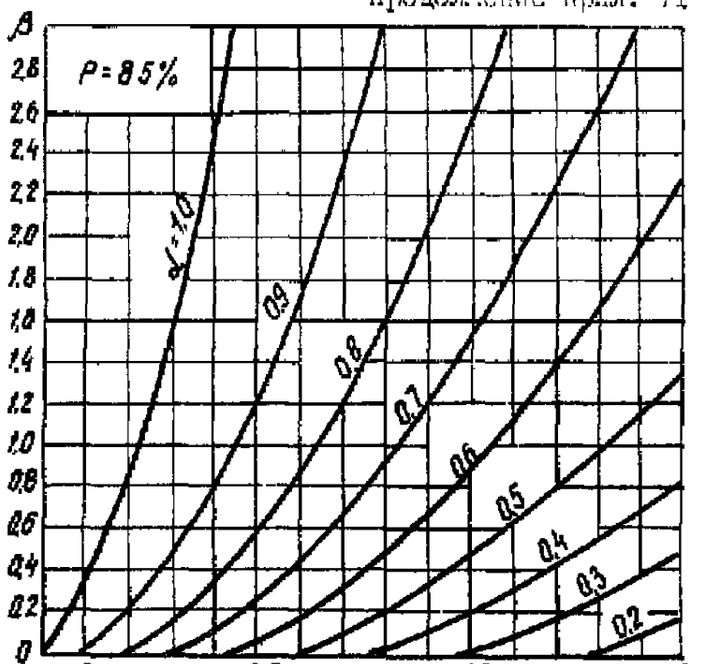

P = 90 %
β
2,5
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
α = 1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,5
1,0
1,4 Cv

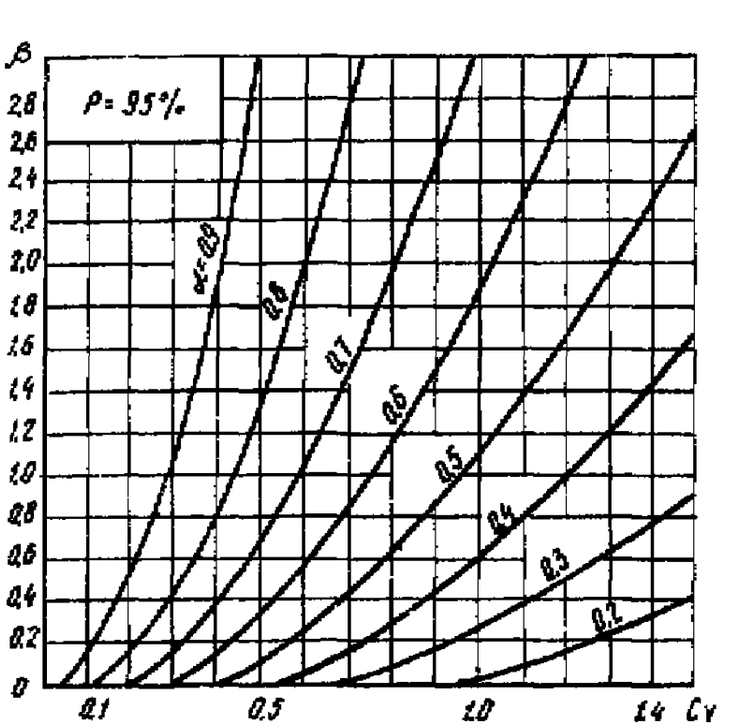

P = 95 %
β
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
α = 1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,3
0,4
0,3
0,2
0,1
0,5
1,0
1,4 Cv

Продолжение прил. 12









ПРИЛОЖЕНИЕ I2

Акты обследования площадок строительства

Форма I

А К Т
обследования в целях составления
проекта

нового пруда _____
/на балке, пойме реки и др./
в колхозе /совхозе/ _____

района _____

области _____

" " _____ I9_ г.

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе представителей:
I. Исполкома совета народных депутатов
2. Заказчика
3. Проектной организации
4. Строительной организации
5. Хозяйства
произвели обследование _____
/балки, поймы реки и др./
_____ в целях строительства пруда и установили
следующее: _____

I. Пруд намечено построить на _____
/балке, ручье, реке,
впадающей в реку или балку, в км, от выбранного створа, створ
на местности закреплен/

2. Берега и днище в пределах узла сооружений
_____
/крутые, пологие, суглинистые, песчаные, задернованные, торфянистые, заросшие, овраги, осыпи, оползни, наличие родников и др./

3. Чаша пруда _____
/описать днище и склоны, уклон ложа, залесенность,

закустаренность, пашня, заболоченность, родники, живой ток и расход, строения и колодцы, естественные обнажения, выработки и др./

4. Наличие надземных и подземных сооружений связи и гидротехнических сооружений

/линии связи и ЛЭП, мосты, дороги и др./

5. При возведении пруда необходимо проведение следующих санитарных мероприятий:

6. Примерные размеры плотины:
высота _____ м
ширина по верху _____ м
заложение откосов _____
возможный тип водосброса _____

7. Водосборная площадь, отнесенная к выбранному створу, равна _____ км

8. Предполагаемые размеры пруда:
длина _____ м
максимальная глубина у плотины _____ м
ширина у плотины _____ м
объем пруда, определенный по формуле (_____ тыс. $м^3$

9. Земляные карьеры возможно заложить _____

I0. Наличие действующих и проектируемых прудов выше намеченного створа _____

/наименование хозяйств, расстояние от выбранного створа, объем

пруда/

I2. Имеющиеся строительные материалы /в т.ч. трубы/ в хозяйстве

I3. Пруд находится от ближайшего населенного пункта хозяйства

/наименование/ км и от ж.-д. станции

км

/наименование/

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ КОМИССИИ:

Продолжение прил. I2
Форма 2

А К Т
обследования в целях составления проекта
восстановления /реконструкции/ пруда

_____ /на балке, пойме реки и др./
в колхозе /совхозе/ _____
района _____
области _____

" " _____ I9_ г.

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе представителей:
I. Исполкома народных депутатов _____
2. Проектной организации _____
3. Строительной организации _____
4. Хозяйства _____
произвели обследование в целях восстановления /реконструкции/
пруда _____
/на балке, пойме реки и др./
и установили следующее:
I. Пруд построен в _____ году колхозом /совхозом/ _____
_____, для целей _____
/бывшее название/ _____
Проект составлен _____
/кем, когда/
2. Размеры пруда на день обследования:
длина _____ м, ширина _____ м,
наибольшая глубина воды у плотины _____ м,
объем воды _____ м³.
3. Размеры плотины:
максимальная высота _____ м,
ширина по гребню _____ м.
4. Заложение верхового откоса I: _____
Заложение низового откоса I: _____
5. Краткое описание донного водоспуска _____
/материал, размеры входного и выходного оголовка, расход,
состояние/

6. Краткое описание водосбросного сооружения_____

/тип, материал, размеры, расход, состояние/

7. Краткое описание разрушений_____

/год разрушений, причина, что разрушено, краткое описание разрушений/

8. Возможность восстановления существующей плотины и водосброса. Ориентировочные данные по восстановленному пруду: возможная высота плотины м, длина по гребню _____м, ширина по гребню _____м. Тип водосбросного сооружения _____, длина пруда _____м при глубине плотины _____ м, площадь зеркала пруда га, объем _____тыс.м^3.

Если восстановление невозможно, то указать причины и предложения_____

9. Водосборная площадь, отнесенная к створу восстанавливаемой плотины по карте М:I: _____ равна _____ км^2,

I0. Источник питания пруда _____

/наличие родников, живого тока, примерный расход их/

II. Наличие в зоне пруда строений, подземных и надземных сооружений /линии связи и ЛЭП, мосты и др./. Их положение указывается на выкопировке _____

I2. Наличие имеющихся и проектируемых плотин и других гидросооружений выше и ниже рассматриваемого створа_____

/наименование хозяйств, зарегулированный сток, назначение сооружения и др./

I3. Земляные карьеры для насыпи тела плотины заложить _____

I4. Имеющиеся строительные материалы в хозяйстве

/в т.ч. трубы и какого диаметра/

I5. Пруд находится от ближайшего населенного пункта хозяйства _____ км

/название/

и от ж.-д.станции _____ км

/наименование/

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ КОМИССИИ:

ПРИЛОЖЕНИЯ К АКТУ:

I. Задание на проектирование.

2. Выкопировка из плана землепользования с указанием створа плотины, строений, мостов, линий связи, ЛЭП и других находящихся в зоне затопления сооружений.

3. Выкопировка водосборной площади.

ПОДПИСИ ЧЛЕНОВ КОМИССИИ:

I. От исполкома совета народных депутатов

2. Заказчика

3. От проектной организации

4. От строительной организации

5. От хозяйства

СОГЛАСОВАНО:

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Стр.

I. Общие положения 3

2. Рекогносцировка на местности и выбор места строительства пруда 5

3. Топографо-геодезические изыскания 9

4. Инженерно-геологические и гидрогеологические изыскания I5

5. Гидрологические изыскания 37

6. Гидрологические расчеты 44

7. Водохозяйственные расчеты 50

8. Подготовка ложа пруда 95

9. Сооружения гидроузла и его компоновка I05

I0. Рыбохозяйственное использование прудов сельскохозяйственного назначения I26

II. Рекреационные мероприятия I28

I2. Охрана окружающей среды I30

I3. Эксплуатация прудов I34

I4. Согласования I37

Приложение I. Характеристики категорий сложности инженерно-геологических и гидрогеологических условий I43

Приложение 2. Масштабы инженерно-геологических исследований для различных объектов изысканий на проектируемых прудах в зависимости от сложности природных условий и стадий проектирования I45

Приложение 3. Количество точек наблюдений на I км^2 инженерно-геологических изысканий в зависимости от масштаба исследований и категории сложности I48

Приложение 4. Ориентировочные расстояния и глубины выработок на участках проектируемых прудов и защитных береговых сооружений, предусматриваемых для инженерно-геологического обоснования технических проектов и рабочих чертежей, в зависимости от величины напора и длины плотины средней сложности природных условий I50

стр.

Приложение 5. Ориентировочные расстояния и глубины выработок на участках проектируемых прудов и защитных береговых сооружений, предусматриваемых для инженерно-геологического обоснования техноробочих проектов, в зависимости от величины напора и длины плотины в простых природных условиях 151

Приложение 6. Ориентировочные объемы опытных фильтрационных работ при изысканиях на участках проектируемых прудов и защитных береговых сооружений 152

Приложение 7. Состав лабораторных исследований физико-механических и прочностных свойств грунтов оснований сооружений, проектируемых на прудах 153

Приложение 8. Расчеты всплывания торфа 156

Приложение 9. Примеры водохозяйственных расчетов 161

Приложение 10. Фильтрационные потери воды из прудов . . . 169

Приложение 11. Графики для определения многолетней составляющей емкости водохранилища 188

Приложение 12. Акты обследования площадок строительства 199

В/О "СОЮЗВОДПРОЕКТ"
ОСОИТД

РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРУДОВ

Редактор Н. Л. Левых
Технический редактор Л. Г. Фиатова

Л - 105669 Подписано к печати 20.10.81. Объем 13 печ. л.
Усл.печ.л. 13,5. Формат 70x108/16 Бумага для множ. аппаратов.
Тираж 300 экз. Зак. 1093 Цена 1р.17 коп.

Отпечатано в Отделе составления, обработки, издания технической документации (ОСОИТД) института "Союзгипроводхоз"
Москва, Вишневская ул., 2

gost.e-ecolog.ru