



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Гидротехническое и энергетическое строительство,  
водный транспорт и гидравлика»**

**Г. А. Коревицкий  
О. В. Немеровец**

# **ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

**Пособие**

**Минск  
БНТУ  
2021**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Гидротехническое и энергетическое строительство,  
водный транспорт и гидравлика»

Г. А. Коревицкий  
О. В. Немеровец

# ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Пособие  
для студентов специальности  
1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением высших  
учебных заведений Республики Беларусь по образованию  
в области строительства и архитектуры*

Минск  
БНТУ  
2021

УДК 69:005(075.8)  
ББК 38я7  
К66

Рецензенты:  
*В. В. Васильев, А. И. Смирнов*

**Коревицкий, Г. А.**  
К66      Организация и управление в строительстве : пособие для студентов специальности 1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство» / Г. А. Коревицкий, О. В. Немеровец. – Минск : БНТУ, 2021. – 50 с.  
ISBN 978-985-583-652-1.

В пособии излагаются теоретические сведения, основные требования при выполнении курсового проекта по дисциплине «Организация и управление в строительстве», схемы пропуска строительных расходов при возведении гидроузла, принципы расположения перемычек в зависимости от компоновки гидроузла, организация начально-го водоотлива и водопонижения.

**ББК 38я7**  
**УДК 69:005(075.8)**

**ISBN 978-985-583-652-1**

© Коревицкий Г. А., Немеровец О. В., 2021  
© Белорусский национальный  
технический университет, 2021

## ВВЕДЕНИЕ

Данное пособие предназначено для студентов специальности «Водохозяйственное строительство» при выполнении курсового проекта «Организация и управление в строительстве» по дисциплине «Организация и управление в строительстве».

Строительство речных гидротехнических сооружений обычно связано с необходимостью пропуска речного стока через створ гидроузла в течение всего периода возведения, которое длится несколько лет.

Наряду с пропуском речных вод, в данном случае именуемом пропуском строительных расходов, зачастую возникает необходимость пропуска льда, судов, сплавляемых леса и рыбы вверх и вниз по течению реки.

Пропуск строительных расходов при возведении сооружений речного гидроузла может производиться одним из следующих двух основных способов:

- 1) без отвода воды из естественного русла реки в сторону;
- 2) с отводом воды в сторону от русла, где в этом случае обычно возводятся сооружения. Отвод может быть осуществлен лотками, трубами, каналами, тоннелями и т. п.

В отдельных случаях применяются смешанные схемы, комбинированные из двух основных.

Способ пропуска строительных расходов без отвода воды в сторону от естественного русла может быть осуществлен одним из следующих двух приемов:

- 1) путем ограждения котлована, размещаемого в русле реки полностью или по частям, соответствующими сооружениями, т. е. перемычками, с последующей откачкой воды из котлована, что позволяет вести строительные работы насухо. Этот прием носит название **метод секционных перемычек**;
- 2) путем возведения подводных частей гидротехнических сооружений без перемычек способами подводной кладки, т. е. с применением кессонов, опускных колодцев, опускных труб и т. п. Этот прием называется **бесперемычным методом**.

Методическое пособие ставит целью расширить знания в области управления и организации земляных работ при строительстве гидроузла и закрепить навыки пользования учебной, справочной и нормативной литературой при разработке проекта.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1.1. Исходные данные

Исходными данными для выполнения проекта являются:

- топографический план местности участка строительства;
- конструкция земляной плотины (поперечное сечение);
- данные о геологических и гидрологических условиях в створе гидроузла;
- тип и характеристика грунтов карьера;
- курсовой проект по бетонной плотине;
- дальность перемещения грунтов.

## 1.2. Состав работы. Порядок выполнения и оформления проекта

Курсовой проект состоит из графической части (2 листа формата А1) и пояснительной записки (с графическими приложениями).

Чертежи графической части и текст пояснительной записки должны выполняться в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов (Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и Системы проектной документации для строительства (СПДС)) [1–3].

Пояснительная записка оформляется в виде разделов. В состав проекта входят следующие основные разделы:

- титульный лист;
- задание по курсовому проекту;
- содержание проекта с указанием страниц;
- введение;
- общая часть (исходные данные, описание природно-климатических условий района строительства);
- выбор и обоснование схемы пропуска расходов в период строительства гидроузла;
- определение состава и технологической последовательности основных видов земляных, бетонных и сопутствующих им работ на весь период строительства гидроузла;

– проектирование и компоновка временных и постоянных земляных сооружений (земляной плотины, дренажной призмы, котлованов 1-й и 2-й очередей строительства, перемычек, подводящих и отводящих каналов, кавальеров (отвалов) растительного и подстилающего грунтов);

– подсчет объемов земляных, бетонных, опалубочных, гидроизоляционных, арматурных работ и количество основных материалов;

– проектирование и организация водоотлива и водопонижения;

– калькуляция трудовых затрат. Определение производительности машин, механизмов, их количества. Сводная ведомость потребности строительства в основных машинах и механизмах. Определение потребности в рабочей силе;

– составление календарного плана строительства;

– проектирование складского хозяйства строительства и зданий коммунально-бытового назначения;

– проектирование стройгенплана;

– список использованной технической и нормативной литературы.

Пояснительная записка выполняется на стандартной бумаге формата А4 (210×297 мм) с одной стороны листа.

Графическая часть состоит из двух листов формата А1 (594×841 мм).

Первый лист (ватман или миллиметровая бумага) – календарный план производства работ (график движения рабочей силы, график потребности строительства в основных машинах и механизмах). Второй лист – стройгенплан.

Расчетно-пояснительная записка оформляется на компьютере или от руки четким почерком. Текст расчетно-пояснительной записки должен быть четок и логично изложен, не должен допускать различных толкований. Запрещается переписывание общих сведений из учебников, методических пособий и других источников без соответствующей ссылки. Весь фактический материал должен подтверждаться ссылками на литературу.

## 2. ВЫБОР СПОСОБА ПРОПУСКА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ В ПЕРИОД ВОЗВЕДЕНИЯ ГИДРОУЗЛА

### 2.1. Метод секционных перемычек

Метод секционных перемычек является наиболее распространенным при постройке низко- и средненапорных гидрозлов. Общая идея этого метода заключается в постройке сооружений в несколько очередей, этапами, с ограждением котлованов в русле реки перемычками и пропуском воды в это время через оставленные неогражденными части русла. На следующем этапе перекрывается перемычками ранее оставшаяся неогражденной часть русла, перемычки первой очереди разбираются и строительные расходы пропускаются через оставленные незастроенными пролеты или донные отверстия сооружений, возведенные на первом этапе. После окончания возведения сооружений второй очереди перемычки вновь разбираются и достройка незастроенных пролетов сооружений производится группами под прикрытием затворов, тогда как строительные расходы пропускаются через оставшиеся незакрытыми пролеты, на следующем этапе вода пропускается через застраиваемые на первом этапе пролеты, а застраиваются остальные и т. д. Этот способ достройки сооружений называется **методом гребенки**. Кроме этого метода, достройка сооружений может производиться с пропуском строительных расходов через оставляемые в конструкциях донные отверстия, т. е. методом донных отверстий.

Метод секционных перемычек может осуществляться как в две, так и в три очереди, т. е. при делении русла реки на две или три секции при пропуске воды через одну из них, в обоих случаях. Работу в три очереди производят в многоводных реках, где стеснение реки вызвало бы увеличение скоростей выше допустимых из условий размываемости русла или возможности судоходства.



Последовательность производства работ методом секционных перемычек в две очереди показана на рис. 2.1.

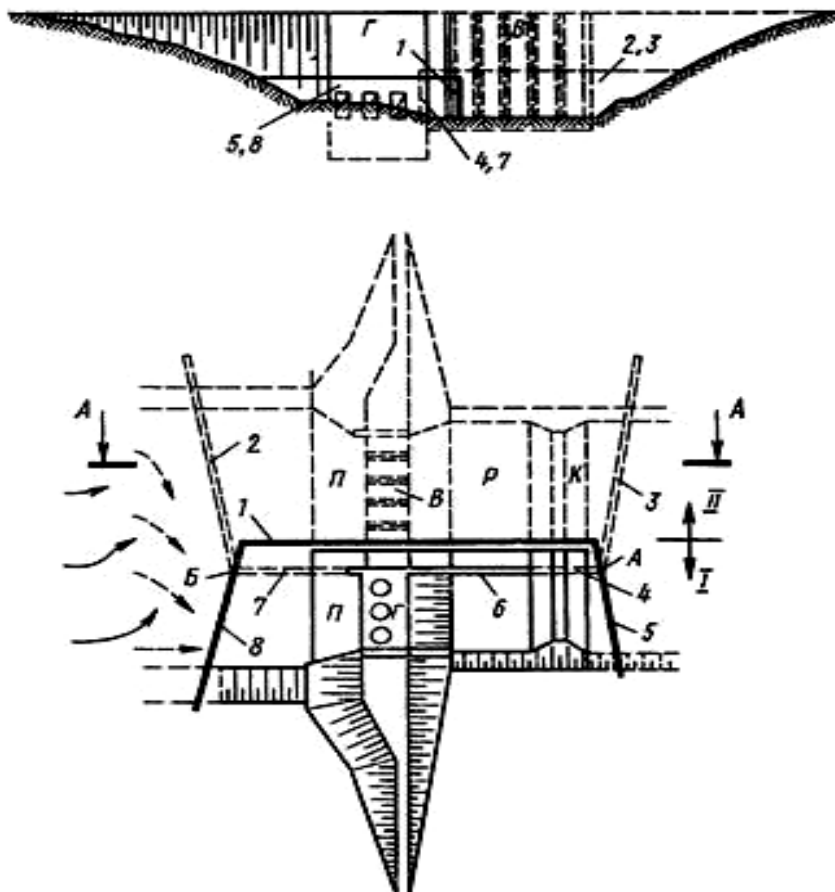


Рис. 2.1. Схема пропуска строительных расходов методом секционных перемычек:

В – водосбросная плотина; Г – здание ГЭС; Р – рисерма; К – ковш;  
 I – первая очередь строительства; II – вторая очередь строительства;  
 1 – продольная перемычка первой очереди; 2 – верховая поперечная перемычка второй очереди; 3 – низовая поперечная перемычка второй очереди; 4, 7 – продольная перемычка второй очереди; 5 – низовая поперечная перемычка первой очереди; 6 – разделительная стенка; 8 – верховая поперечная перемычка первой очереди

На рис. 2.2 показана достройка сооружений при пропуске строительных расходов методом гребенки.

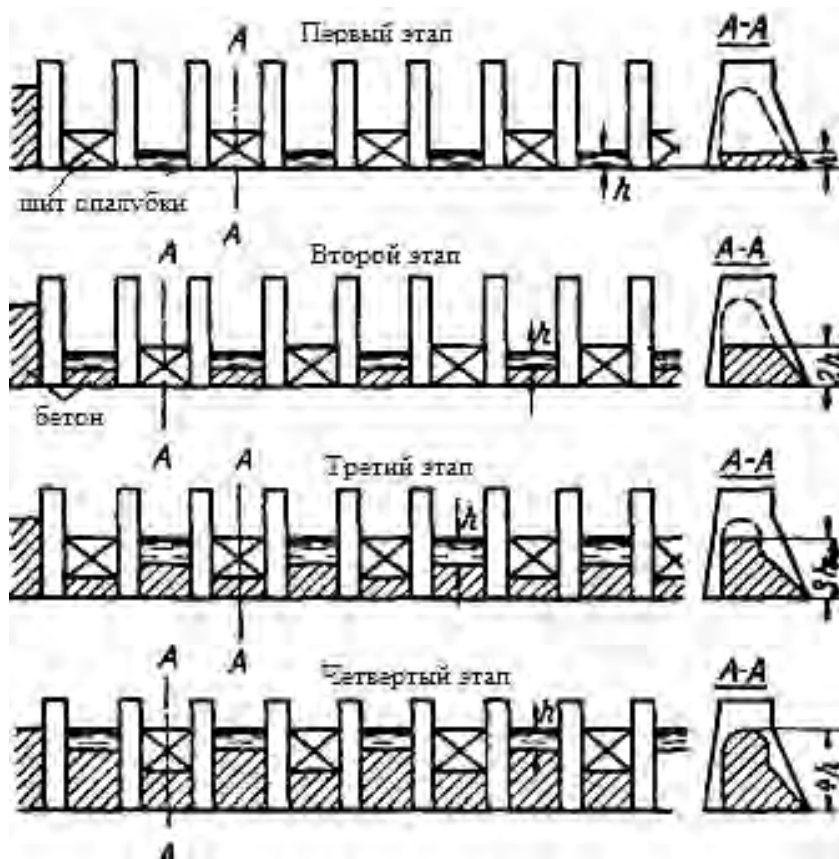


Рис. 2.2. Строительство водосливной плотины методом гребенки

При пропуске строительных расходов через данные отверстия (рис. 2.3) последовательность производства работ следующая: под прикрытием перемычки первой очереди возводится часть сооружения (в пределах огражденного котлована) до уровня, несколько превышающего отметку подпертого уровня. В сооружении оставляются данные отверстия. По оконча-

нии указанных работ перемычка первой очереди разбирается и одновременно возводится перемычка второй очереди, под прикрытием которой возводится вторая очередь сооружения и достраивается до проектных отметок первая очередь.

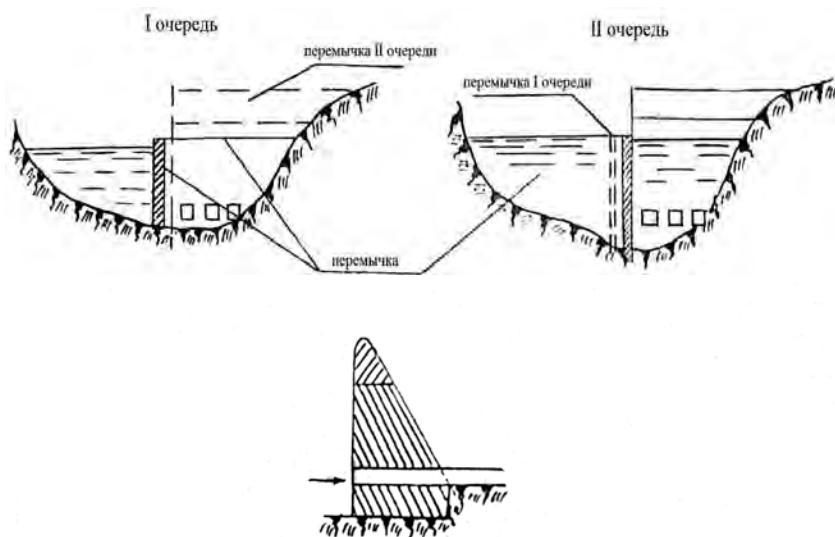


Рис. 2.3. Схема пропуска строительных расходов через донные отверстия

В это время строительные расходы пропускаются через донные отверстия, оставленные в сооружении первой очереди. После окончания строительных работ данные отверстия, если они необходимы для эксплуатации, перекрываются затворами, если же назначение их исчерпывается пропуском строительных расходов, то заделываются наглухо бетоном.

## 2.2. Стеснение русла перемычки

При применении метода секционных перемычек пропуск строительных расходов происходит через русло, частично стесненное перемычками, что вызывает подбор выше по тече-

нию стесненного участка, а в пределах последнего – увеличение скоростей течения воды, что в свою очередь может вызвать значительные размывы русла и затруднения для пропуска льда и судов в период строительства. Указанное обязывает при решении вопросов пропуска строительных расходов производить гидравлические расчеты для стесненного живого сечения реки.

Для выявления условий пропуска расходов реки в период строительства сооружения необходимо иметь следующие исходные данные:

- а) план участка реки в горизонталях;
- б) поперечный профиль реки в створе сооружения;
- в) гидрограф реки;
- г) кривую связи расходов от уровней воды в реке в створе сооружения.

Гидрограф реки указывает величину и распространение расходов по временам года. Поскольку расходы реки меняются в зависимости от водности года, для расчета применяются строительные расходы [4], обеспеченностью 5 %, т. е. повторяемостью раз в 20 лет. Для крупных рек и срока производства работ в реке 2–4 года и более, производится проверка временных водопропускных сооружений и перемычек на расходы, обеспеченностью 1 % при облегченных условиях расчета.

Кривая зависимости расходов от уровней воды позволяет определить требуемую безопасную отметку гребня перемычек при данном расходе воды и границы затопления прилегающей территории по плану в горизонталях.

Величину подпора ( $z$ ), вызываемого стеснением русла перемычками, можно определить приблизительно, зная среднюю скорость течения ( $v$ ) в русле в бытовых условиях и площадь живого сечения ( $\omega$ ) при некотором расчетном расходе воды ( $Q$ ), и те же величины ( $v_c$ ) и ( $\omega_c$ ) в стесненном русле (рис. 2.4):

$$z = \frac{1}{\varphi^2} \cdot \frac{v_c^2 - v^2}{2g},$$

где  $\varphi = 0,8-0,85$  – коэффициент скорости, зависящий от условий стеснения русла (формы перемычки в плане, шероховатости стенок и т. д.).

Величины  $\omega$ ,  $v$ ,  $\omega_c$ ,  $v_c$  берутся вначале при бытовом уровне воды в реке, а после определения  $z$ , по формуле пересчитываются с поправкой на подпор, после чего вновь определяют по формуле величину подпора  $z$  и т. д.

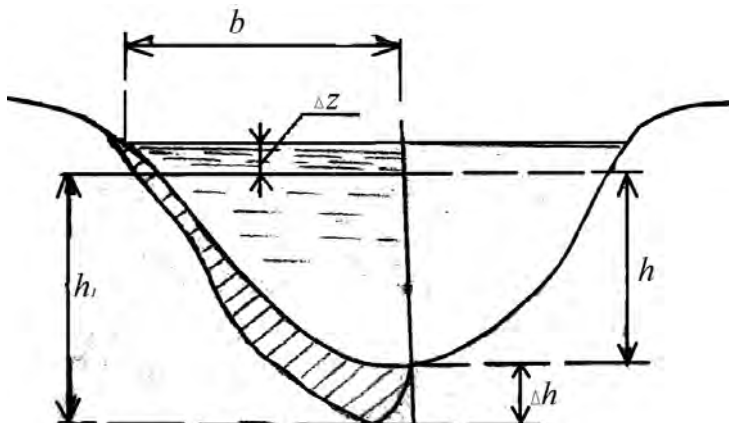


Рис. 2.4. Расчетная схема размыва сжатого сечения реки

Затруднительно заранее предусмотреть глубину и поперечный профиль размыва, стесненного перемычками русла. Однако наблюдения, произведенные на ряде строек, позволяют утверждать, что в большинстве случаев русло после размыва сохраняет параболическую форму, причем размыв, увеличивая в основном глубину потока, мало изменяет его ширину.

Исходя из приведенных выше допущений, определяют расчетный подпор  $\Delta z$  и вероятную глубину размыва в русле в стесненном сечении  $\Delta h$ . Схема расчета приведена на рис. 2.4.

Площадь сжатого сечения реки в створе перемычек после размыва русла можно определить из выражения

$$\omega_1 = \frac{Q}{v_1}.$$

Наибольшая глубина в сжатом сечении русла в створе перемычки (при параболической форме русла) определяется по формуле

$$h_1 = \frac{3}{2} \cdot \frac{\omega_1}{b},$$

и глубина размыва в створе перемычки:

$$\Delta h = h_1 - h = \frac{3}{2} \cdot \frac{\omega_1}{b} - h,$$

где  $Q$  – расчетный расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$\omega$  – бытовое живое сечение реки в створе перемычки, м<sup>2</sup>;

$b$  – ширина живого сечения реки в створе перемычки, м;

$v$  – бытовая скорость в реке, м/с;

$v_1$  – допустимая скорость в реке, м/с.

Допустимая степень размыва русла устанавливается исходя из следующих соображений:

а) скорость течения  $v_1$  не должна вызывать значительного размыва русла или же размыв вообще не допускается. Обычно, исходя из условия залегания грунтов в створе перемычек, отметок заложения основных сооружений и т. п., задаются допустимой глубиной размыва (примерно 1–2 м) и определяют с помощью расчетом скорости в образующемся русле. Полученные скорости сравниваются с допускаемыми из условия неразмываемости грунтов, залегающих в рассматриваемом сечении [5–6];

б) на судоходных реках, по условиям пропуска судов через стесненное русло, скорости не должны превышать 1,8–2,0 м/с. В отдельных случаях, по согласованию с организацией речного флота, если период с повышенными скоростями будет короток и возможно обеспечить в это время двойную тягу судов буксирами, можно допустить скорости до 2,5–2,8 м/с и даже до 3,5 м/с. Ширина стесненного русла при этом должна быть достаточной для пропуска судов;

в) ширина стесненной части русла должна обеспечивать беспрепятственный пропуск ледохода.

При расчетах стеснения русла следует учитывать, что полученные при расчете средние скорости могут значительно отличаться от фактических за счет поперечной циркуляции в потоке, вызывающей неравномерное распределение скоростей в живом сечении.

### **2.3. Возведение напорных сооружений с отводом реки в сторону от ее русла**

Особенности способов возведения речных гидротехнических сооружений с отводом русла в сторону заключаются в том, что сооружения строятся в русле, а строительные расходы в период строительства пропускаются в обход возводимого сооружения при помощи лотков, обводных каналов, труб, тоннелей и т. п.

#### ***2.3.1. Отвод воды обводными каналами***

Обводные каналы обычно применяются при сложных берегах с трудноразмываемыми грунтами. При проектировании канала выбирают участок, где он может быть выполнен с наименьшими работами, например, по более низкому берегу, по естественным понижениям местности: староречьям, протокам, озерам и т. п. Пропуск строительных расходов с применением обводного канала показан на рис. 2.6.

Канал рассчитывается на строительные расходы воды расчетной обеспеченности, при этом паводки при необходимости пропускают одновременно и по каналу, и по руслу поверх перемычек, которые в этом случае имеют конструкцию, допускающую перелив воды через гребень. В этом случае строительные работы в котловане не производятся.

Продольный уклон обводного канала назначается исходя из размещения его ложа, т. к. временные обводные каналы экономически нерационально крепить. Если канал, помимо периода

строительства, будет использован и в эксплуатационных целях (как эксплуатационный водосброс, судоходная деривация и т. п.), что возможно в целях уменьшения поперечного сечения канала, необходимо увеличить продольный уклон и допускаемые скорости за счет применения крепления ложа канала.

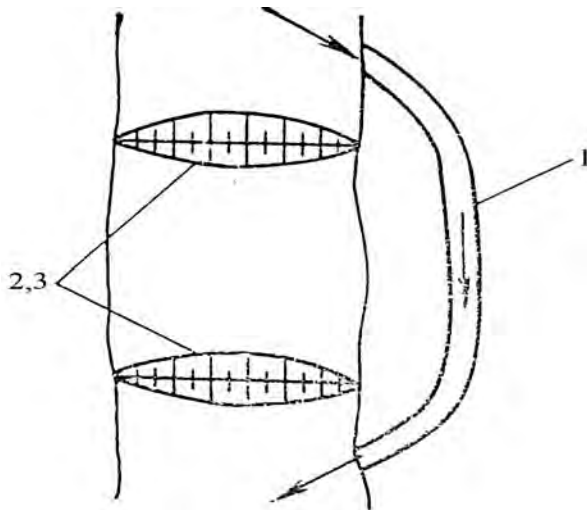


Рис. 2.6. Отвод реки обводным каналом:  
1 – обводной канал; 2, 3 – верховая и низовая перемычки

Площади живого сечения канала, а также его форма выбираются на основе гидравлического расчета, произведенного по формулам равномерного движения воды:

$$Q_{\text{стр}} = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i},$$

где  $Q_{\text{стр}}$  – расход в период строительства гидроузла,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\omega$  – площадь поперечного сечения канала при УВСП,  $\text{м}^2$ ;

$C$  – коэффициент Шези,  $\text{м}^{0,5}/\text{с}^2$ ;

$R$  – гидравлический радиус канала,  $\text{м}$ ;

$i$  – уклон дна канала.



Канал должен быть расположен в плане таким образом, чтобы его входной и выходной участки плавно сопрягались с водотоком, во избежание значительных размывов берегов.

Иногда, для обеспечения плавного входа струй в канал, в русле водотока у головы канала устраивают струнаправляющие дамбы или шпоры.

Крутизна откосов канала назначается в зависимости от характера грунтов из условий устойчивости на скольжение по цилиндрическим поверхностям и на размыв.

Глубина воды в канале, во избежание зарастания водной растительностью, должна быть по возможности не менее 1,5 м. Запас верхней бровки канала над расчетным расходом принимается в зависимости от величины расхода в пределах 0,5–1 м.

При отводе воды обводным каналом, работы начинаются с отрывки канала. Когда канал готов и может принять строительные расходы, производят ограждение русла водотока путем насыпи грунта перемычек в текущую воду, в результате чего старое русло закрывается и вода направляется по обводному каналу. По окончании возведения основных сооружений обводной канал перекрывается глухой земляной или бетонной плотиной или используется для устройства траншейного водослива или водоспуска.

### ***2.3.2. Отвод строительных расходов временными тоннелями, трубами***

В горных условиях, когда русло реки стеснено высокими и обрывистыми берегами, сложенными чаще всего скальными породами, применение метода секционных перемычек исключается и прибегают к отводу строительных расходов посредством временных тоннелей.

Применение отвода воды тоннелями особенно целесообразно, если тоннель может быть использован в эксплуатационных условиях в качестве водосброса или водозабора.

Сечение тоннеля назначается исходя из расчетного строительного расхода, возможности использования тоннеля в экс-

плуатационных условиях и экономически целесообразного соотношения высоты перемычки и сечения тоннеля. Для получения такого соотношения разрабатывают ряд вариантов высоты верховой перемычки и, исходя из обеспечиваемых при этих вариантах подпоров, определяют сечения тоннеля, обеспечивающие пропуск строительных расходов.

Для пропуска строительных расходов могут применяться как безнапорные, так и напорные тоннели.

Безнапорные тоннели рассчитываются гидравлически как обычные лотки по формуле

$$Q_{\text{стр}} = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i}.$$

Гидравлический расчет напорных туннелей, в зависимости от условий истечения, производится по одному из двух вариантов:

1) при истечении под уровень:

$$Q_{\text{стр}} = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot z}$$

или

$$z = \frac{Q_{\text{стр}}^2}{\mu^2 \cdot \omega^2 \cdot 2g};$$

2) при истечении в атмосферу:

$$Q_{\text{стр}} = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot \left(H - \frac{d}{2}\right)},$$

где  $\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \zeta}}$  – коэффициент расхода;

$\sum \zeta$  – суммарный коэффициент сопротивления системы:

$$\sum \zeta = \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{дл}} + \zeta_{\text{вых}},$$

где  $\zeta_{\text{вх}} = 0,1-0,5$  – в зависимости от плавности входа;

$\zeta_{\text{дл}} = \lambda \frac{l}{d}$  – коэффициент сопротивления по длине тоннеля (трубы);

$l$  – длина тоннеля (трубы), м;

$d$  – диаметр тоннеля (трубы), м;

$\zeta_{\text{вых}} = (1 - \frac{v_1}{v})^2$  – коэффициент сопротивления на выходе из тоннеля;

$v_1$  – скорость в нижнем бьефе, в свободном русле, м/с;

$v$  – скорость в тоннеле (трубе), м/с.

#### 2.4. Пропуск строительных расходов через отверстия в возводимых сооружениях

После выполнения перемычным или бесперемычным способом первой очереди работ по возведению сооружений гидроузла достройка их производится методом гребенки или донных отверстий.

**Метод гребенки.** Метод гребенки получил свое наименование в связи с тем, что плотина с бычками и незастроенными пролетами напоминает гребенку. Сущность этого метода заключается в том, что пролеты платины, оставленные незастроенными в период работы под защитой перемычек или бесперемычным способом, после затопления котлована поочередно томпируются под прикрытием щитов. Тогда как через остальные, свободные в данный момент, пропускаются строительные расходы. В следующую очередь застраиваются пролеты, оставшиеся ранее свободными, а забетонированные – используется для пропуска воды и т. д.

**Метод донных отверстий.** При этом методе строительные расходы при достройке гидроузла пропускаются через донные

отверстия или отверстия с низким порогом, оставляемые в сооружениях гидроузла. Если в сооружениях предусмотрены отверстия с низким порогом с достаточной пропускной способностью, то их лучше использовать для пропуска воды в период достройки сооружения.

Если эксплуатационных отверстий нет или их площади поперечного сечения недостаточно для пропуска расчетных расходов, то в теле плотины оставляют специальные строительные донные отверстия, которые по окончании строительства тампонируются. Схема пропуска строительных расходов через донные отверстия показана на рис. 2.3.

Если в них больше нет необходимости, донные отверстия заделываются бетонной кладкой под прикрытием щитов или шандор, отпускаемых в пазы специальных оголовков этих отверстий.

Гидравлический расчет донных отверстий производится в трех расчетных случаях:

1) как водослив с широким порогом в начальный период, когда горизонт воды в верхнем бьефе находится на низком уровне. В этом случае пропускная способность отверстия определяется по формуле

$$Q_{\text{стр}} = m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2},$$

где  $m = 0,3-0,4$  – коэффициент расхода с учетом бокового сжатия;

$b$  – длина гребня водослива, м;

$H_0$  – напор с учетом скорости подхода, м;

2) как напорной трубы или тоннеля, при повышении горизонта воды, по мере возрастания расходов воды или закрытии донных отверстий. Пропускная способность при истечении в атмосферу определяется по формуле

$$Q_{\text{стр}} = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot z};$$

3) как напорной трубы, подтопленной уровнем воды нижнего бьефа. В этом случае пропускная способность определится по формуле

$$Q_{\text{стр}} = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot (H_0 - z)},$$

где  $\mu = 0,6-0,7$  – коэффициент расхода;

$z$  – разность глубины заложения отверстия от УВБ с учетом скорости подхода и глубины в нижнем бьефе.

Все способы по пропуску строительных расходов, используемые в курсовом проекте, структурированы и занесены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Способы пропуска строительных расходов, применяемые в курсовом проектировании

1	2	3	4	5
Наименование схемы пропуска	Пропуск строительных расходов через обводной канал (рукав)	Пропуск строительных расходов через плотину с широким порогом (метод гребенки)	Пропуск строительных расходов через трубу в рукаве	Пропуск строительных расходов через трубу с подводным и отводящим каналами
1. Определение уровня воды в реке при пропуске строительных расходов	По графику $Q = f(H)$ для расхода, равного строительному $Q = Q_{стр}$ , снимается положение УВСР (уровень воды при пропуске строительных расходов). Далее производится сравнение двух уровней УНБ <sub>min</sub> и УВСР. Если $УНБ_{min} > УВСР$ , то в качестве расчетного принимается УНБ <sub>min</sub> . Если $УНБ_{min} < УВСР$ , то в качестве расчетного принимается УВСР.	По графику $Q = f(H)$ для расхода, равного строительному $Q = Q_{стр}$ , снимается положение УВСР (уровень воды при пропуске строительных расходов). Далее производится сравнение двух уровней УНБ <sub>min</sub> и УВСР. Если $УНБ_{min} > УВСР$ , то в качестве расчетного принимается УНБ <sub>min</sub> . Если $УНБ_{min} < УВСР$ , то в качестве расчетного принимается УВСР.	Определяется длина трубы 1. Труба должна выходить за пределы нижних кромок плотин более чем на 1 м	Определяется количество труб аналогично схеме пропуска строительных расходов через трубу в рукаве
2	Задаются скоростью воды в канале $v$ из условия $v \leq v_{доп}$ . где $v_{доп}$ – допустимая неразмывающая скорость, м/с	Из курсового проекта, представленного в качестве материала для выполнения организации строительства гидроузла, вычерчивается плотина с широким порогом	Задаются размеры трубы и определяется площадь одной трубы $\omega_{тр}$	При $h_6 = УВСР + z - \nabla_{дно}$
3	Определяется площадь живого сечения канала: $\omega_k = \frac{Q_{стр}}{g}, \text{ м}^2$			

1	2	3	4	5
4	<p>Методом подбора находят размеры канала по верху и по низу:</p> $\omega_k = \frac{b_n + b_b}{2} \cdot h_0, \text{ м}^2,$ <p>где <math>h_0 = \text{УВСР} - \Delta</math>дно или <math>(\text{УНБ}_{\text{мин}} - \Delta)</math>дно – бытовая глубина в канале; <math>b_n</math> – ширина канала по низу, м; <math>b_b = b_n + 2 \cdot h_0 \cdot m</math> – ширина канала по верху, м; <math>m</math> – заложение откосов канала</p>	<p>Определяется величина напора на гребне плотинны при пропуске строительных расходов:</p> $Q_{\text{стр}} = \sigma_n \cdot \epsilon \cdot m \cdot b \cdot \sqrt{2gH}^{3/2}$ <p>Коэффициент подтопления в первом приближении принимается равным 1, оставшиеся величины заимствуются из курсового проекта по бетонным плотинам</p>	<p>Определяется коэффициент расхода</p> $\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \zeta}}$ $\sum \zeta = \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{дл}} + \zeta_{\text{вых}};$ $\zeta_{\text{вх}} = 0,5; \zeta_{\text{вых}} = 1,0;$ $\zeta_{\text{дл}} = \lambda \frac{l}{d}$	<p>Определяются параметры подводящего канала путем решения системы уравнений:</p> $\left\{ \begin{array}{l} \omega_k = \frac{Q_{\text{стр}}}{g_{\text{доп}}}; \\ \omega_k = \frac{b_n + b_b}{2} h_0; \end{array} \right.$
5	<p>Определяется величина подпора в ВБ:</p> $z = \frac{v_c}{2g \cdot \varphi^2} - \frac{v_0}{2g}, \text{ м.}$ <p><math>v_c</math> – скорость воды в стесненной части русла (канале), м/с; <math>v_0</math> – скорость воды в реке в бытовом состоянии, м/с; <math>\varphi</math> – скоростной коэффициент</p>	<p>Определяется величина подпора <math>z</math>:</p> $z = H - h_n, \text{ м,}$ <p>где <math>h_n = \text{УВСР} - \nabla_{\text{гр.л.}}</math>, где <math>\nabla_{\text{гр.л.}}</math> – отметка гребня водосливной плотины. Далее производится уточнение коэффициента подтопления и повторно выполняются расчеты</p>	<p>Задаемся величиной подпора <math>z = 1-2</math> м и найдем количество труб <math>n</math>, после этого уточняется величина подпора из формулы:</p> $Q_{\text{стр}} = \mu \cdot \omega_{\text{тр}} \cdot n \cdot \sqrt{2g \cdot z}$	<p>Определяются параметры отводящего канала при <math>h_0 = \text{УВСР} - \nabla</math>дно путем решения системы уравнений:</p> $\left\{ \begin{array}{l} \omega_k = \frac{Q_{\text{стр}}}{g_{\text{доп}}}; \\ \omega_k = \frac{b_n + b_b}{2} h_0; \end{array} \right.$

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4	5
<p>6. Отметка гребня верховой перемычки</p>	<p><math>\nabla ГП_{\text{в}} = \text{УВСП} + a + i \cdot l + z</math>  <math>a = 1-2</math> – запас, м;  <math>i</math> – уклон дна канала;  <math>l</math> – длина канала, м;  <math>z</math> – подпор, м</p>	<p><math>\nabla ГП_{\text{в}} = \text{УВСП} + a + z</math>  <math>a = 1-2</math> – запас, м;  <math>z</math> – подпор, м</p>		
<p>7. Отметка гребня низовой перемычки</p>		<p><math>\nabla ГП_{\text{н}} = \text{УВСП} + a</math></p>		
<p>8. Поперечный профиль перемычек</p>				



### 3. ПЕРЕМЫЧКИ

В гидротехническом строительстве **перемычками** называют временные подпорные сооружения, возводимые для ограждения от поверхностных вод (речных, озерных или морских) котлованов, строящихся постоянных гидротехнических сооружений. Из замкнутого перемычками пространства, путем применения той или иной разновидности водоотлива, производится удаление воды как заключенной в огражденном пространстве, так и фильтрующей со стороны дна и откосов котлована, а также через тело перемычек. Водоотливом обеспечивается возможность возведения основных сооружений насухо.

После окончания возведения основных сооружений перемычки разбираются, если они не входят в тело основных сооружений и если разборка необходима по условиям эксплуатации или архитектурного оформления гидроузла.

Поперечное сечение в перемычке выбирается, с одной стороны, исходя из требований безопасности фильтрации через их тело и в основании, а также устойчивости, аналогично с требованиями, предъявляемыми к постоянным подпорным сооружениям, но несколько пониженными в связи с временностью перемычек. С другой стороны, необходимо учитывать требования, вытекающие из условий производства строительных работ: возможность проезда транспорта по гребню и бермам перемычек, что определяет их ширину, размещение строительных механизмов и оборудования.

Очертания перемычек в плане назначается исходя из: 1) гидравлических условий пропуска строительных расходов на участке водотока, стесненном перемычками; 2) условий проезда транспорта по гребню перемычки; 3) размеров и очертаний основных сооружений в плане, определяющих конфигурацию котлована, которая, в свою очередь, определяет расположение перемычек в плане, при этом необходимо учесть зазор до 2 м между подошвой откоса котлована и внешней гранью основных сооружений.

### **3.1. Классификация перемычек**

По расположению относительно оси потока перемычки могут быть разбиты на две группы:

1) поперечные, направление которых нормально к оси потока и близко к нормали;

2) продольные, направление которых параллельно оси потока и не близко к параллельному направлению.

Продольные перемычки находятся в наиболее неблагоприятных условиях эксплуатации, т. к. непосредственно они подвергаются разрушающему воздействию движущегося потока с повышенными скоростями через стесненное сечение реки льда и плавающих тел.

Поперечные перемычки или совсем не подвергаются размывающему воздействию потока, как например перемычки, преграждающие все русло при отводе его в сторону, или испытывают сравнительно малое воздействие потока, возрастающее лишь в примыкании их к продольной перемычке.

Различают две поперечные перемычки: верховую и низовую, в зависимости от положения их по течению реки.

По месту расположения на местности перемычки делятся на русловые, возводимые в меженном русле и пойменные, возводимые в пойме и подтапливаемые лишь в период пропуска паводка.

По конструкции и применяемым материалам различают следующие типы перемычек: земляные, каменно-набросные, фашинные, габионные, шпунтовые, ячеистые, ряжевые, контрфорсные, каркасные, кессонные, бетонные и др.

### **3.2. Конструкции перемычек**

#### ***3.2.1. Перемычки из местных строительных материалов***

Расположение перемычек в плане зависит от принятой компоновки гидротехнических сооружений и схемы их возведения, и принимается так, чтобы максимально удовлетворить требова-

ниям: при ограждении перемычками должно быть достаточно пространства для возведения основных сооружений, а стеснение потока перемычками и площадь огражденной территории были минимальны; конструкция перемычек должна быть рациональной и по возможности выполнена из местных материалов. С учетом этих требований, продольную перемычку, стесняющую русло реки, располагают как можно ближе к котловану, но не ближе 10 м от фундамента сооружений. Она должна иметь наименьшую длину и размеры поперечного сечения. Чтобы увеличить свободную территорию между перемычками, поперечные перемычки располагают на расстоянии 20–30 м от бровки котлована и под острым углом к берегу реки. Однако не следует ограждать слишком большую территорию, так как увеличение огражденной площади ведет к увеличению объема водоотлива.

Высота перемычек определяется расчетами (табл. 3.1). Низовая перемычка может быть ниже верховой, а продольная – иметь переменную высоту от верховой до низовой [7–9].

Таблица 3.1

Заложение откосов грунтовых перемычек

Откос	Заложение откосов перемычки ( <i>m</i> ) при расчетной высоте, м		
	До 5	5–10	10–15
Из песчаных грунтов			
Верховой	2,5	3,0	3,0
Низовой: с дренажем	2,0	2,0	2,0
без дренажа	2,0	2,25	2,25
Из песчано-гравийных грунтов			
Верховой	1,75	2,0	2,5
Низовой	1,5	1,75	2,0
Из щебенисто-гравийных грунтов			
Верховой	1,5	1,75	2,0
Низовой	1,5	1,5	1,75

Ширина гребня перемычки устанавливается в зависимости от условий производства работ и эксплуатации перемычки (использование гребня для проезда и прохода, размещения крановых путей), но должна быть не менее 3 м.

Коэффициент заложения верхового и низового откосов грунтовых перемычек выбирается в зависимости от высоты ее слагающих грунтов и наличия дренажа [8]. Заложения откосов в зависимости от высоты перемычки приведены в табл. 3.1.

Конструкция перемычки выбирается с учетом производства работ, наличия материалов и их водонепроницаемости [7–9]. Для защиты откосов грунтовых перемычек от размыва может производиться отсыпка на откос каменного или гравийного материала, толщиной 20 см и более; укрепление ложа русла реки вдоль продольной перемычки каменной наброской.

Со стороны низового откоса перемычки могут устраиваться дренажная призма или наклонный дренаж при высоком выклинивании фильтрационных вод, а также канавки для отвода профильтровавшейся воды в понижениях или в специально устроенные зумпфы.

### ***3.2.2. Шпунтовые перемычки***

Шпунтовые перемычки выполняются из деревянных или металлических шпунтов, расположенных в один (однорядные) или два (двухрядные) ряда (рис. 3.1). Работы по возведению шпунтовых перемычек выполняются в следующей последовательности: вначале по контуру перемычки, через определенные расстояния, забиваются отдельные шпунты (так называемые маячные сваи) и на них крепятся с двух сторон направляющие, образуя щель для последующей установки шпунтовых рядов. Шпунтовые ряды постепенно набираются и забиваются ступенями плавучими или сухопутными копрами, или другими средствами погружения.

### 3.2.3. Бетонные перемычки

Бетонные перемычки выполняются из бетона в виде плотин гравитационного, арочного или арочно-гравитационного типа, как правило, с анкерровкой в основании. Возводятся эти перемычки насухо под защитой вспомогательных (локальных) перемычек в меженный период или методом подводного бетонирования.

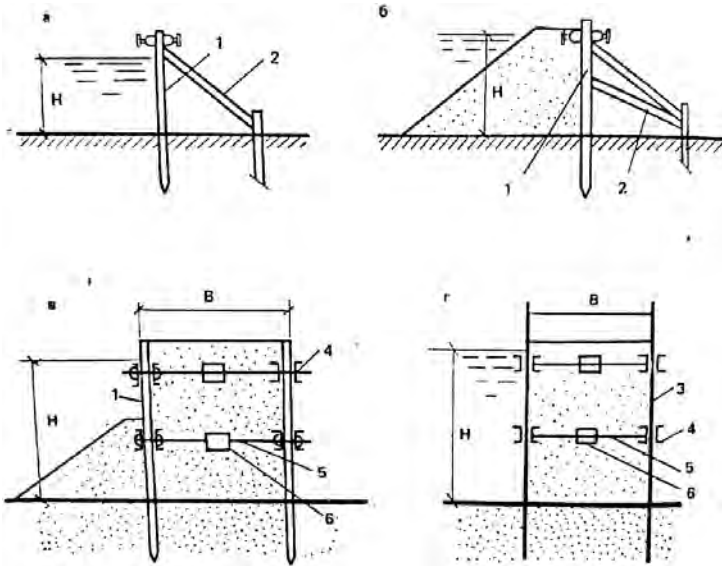


Рис. 3.1. Шпунтовые перемычки:

- а* – однорядная без присыпки; *б* – однорядная с присыпкой;
- в* – двухрядная (деревянная) с присыпкой;
- г* – двухрядная (металлическая) без присыпки;
- 1* – шпунт деревянный; *2* – подкосы; *3* – шпунт металлический;
- 4* – продольные крепления; *5* – поперечные стяжки;
- 6* – стяжные муфты

Преимуществами бетонных перемычек являются минимально возможная ширина по основанию по сравнению с другими, а следовательно, минимальное стеснение русла, наибольшая

сопротивляемость воздействию скоростей воды и льда, в том числе и при переливе воды через гребень. Недостатки – большая стоимость, сложность возведения и разборки. Область применения таких перемычек ограничивается особо сложными условиями пропуска строительных расходов, где другие типы перемычек не могут быть применены. Необходимо стремиться к тому, чтобы бетонные перемычки не разбирались, а использовались в будущем в составе основных сооружений или в качестве различных частей основных бетонных сооружений.

Разновидностью бетонных перемычек являются перемычки из сборных железобетонных элементов: наплавные из массивов-гигантов, из железобетонных труб большого диаметра (1,5–9 м), из железобетонных шпал и т. д. Наплавные перемычки из массивов-гигантов (железобетонных ящиков) широко используются при строительстве в морских акваториях и на судоходных реках при условии неоднократного их использования. Размеры отдельных железобетонных массивов-гигантов, применяемых в практике морского строительства, достигают 19×16 м в плане при высоте 19 м.

Бетонные перемычки хорошо сопротивляются большим скоростям воды, поэтому могут применяться в качестве затопляемых. Дополнительным требованием к затопляемым перемычкам является обеспечение устойчивости против разрушения при переливе воды через гребень, поэтому все затопляемые перемычки должны иметь соответствующую конструкцию и крепление гребня и откосов.

### **3.3. Разборка перемычек**

После возведения сооружений в котловане под защитой перемычек его затапливают, а перемычки, как правило, разбирают. В обязательном порядке разборке подвергаются те части перемычек, которые мешают дальнейшему ходу строительства или эксплуатации сооружений, например, перемычки,

ограждающие котлован водосбросных сооружений для пропуска строительных расходов. Эти перемычки разбираются перед перекрытием русла. Поскольку высота перемычек определяется пропуском максимальных расходов расчетной обеспеченности, а перекрытие русел осуществляется чаще всего в меженный период, разборка перемычек может быть начата заранее и произведена в 2–3 этапа. На I этапе, после прохода последнего паводка, осуществляется разборка верхней части перемычки (срезка гребня). На II этапе разбирается нижняя часть перемычки со стороны сухого котлована (подрезка). Затем котлован затапливается и осуществляется разборка оставшейся нижней части перемычки.

С целью предотвращения заноса котлована грунтом перемычек затопление котлована осуществляется постепенно со стороны нижнего бьефа путем устройства отверстия (прорана) в низовой перемычке.

Разборка земляных перемычек на I и II этапах достаточно легко осуществляется экскаваторами, а на III этапе – грейферами из-под воды или земснарядами (песчаные грунты). При благоприятных условиях (песчаные перемычки) можно использовать саморазмыв перемычек в период перекрытия русла повышенными скоростями воды.

#### 4. РАЗМЕРЫ КОТЛОВАНА ПОД БЕТОННОЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ

**Котлован** – выемка в грунте, предназначенная для возведения гидротехнических сооружений.

Для предотвращения обрушения боковых стенок котлована (откосов) их устраивают под определенным углом (с заложением откосов). В некоторых случаях для сооружений, располагаемых в стесненных условиях, котлованы могут устраиваться с вертикальными стенками. Для предотвращения обрушения вертикальные стенки специальным образом крепятся.

При проектировании котлована определяют:

- отметку дна котлована;
- плановые размеры котлована по дну;
- коэффициент заложения откосов котлована.

Отметка дна котлована принимается равной отметке подошвы бетонного сооружения (водосливной плотины). Только котлованы, разрабатываемые в обводненных глинистых грунтах, рекомендуется углублять на 20–40 см ниже проектных отметок, для подсыпки и трамбовки в основании сооружения щебня или гравия.

Плановые размеры котлована зависят от размеров бетонного сооружения, способов производства работ, схем движения строительной техники и транспорта при бетонировании и монтаже конструкций, типа опалубки, расположения средств водоотлива и водопонижения, а также от очереди строительства, определяемой схемой пропуска строительных расходов. При определении размеров котлована необходимо учитывать, что в котловане первой очереди с русловой компоновкой бетонных сооружений должны разместиться бетонные сооружения первой очереди с сопрягающими элементами (разделительная стенка между зданием ГЭС и водосливной плотиной, удлиненный бык), к которым примкнут перемычки второй очереди строительства.



$$B = B_c + 2b,$$

где  $B_c$  – ширина (длина) бетонного сооружения по основанию;

$b$  – расстояние от стенки фундамента бетонного сооружения до нижней бровки откоса котлована.

Расстояние  $b$  принимается с учетом проезда транспортных средств, расположения средств водоотлива и кранового оборудования, складирования строительных материалов и др. Это расстояние должно быть минимальным, но достаточным для безопасного и удобного выполнения работ. Для котлована с откосами наименьшее расстояние между подошвой откоса и сооружением равно 0,3 м, а при необходимости спуска людей в пространство между боковой поверхностью сооружения и креплением откосов котлована – 0,6 м. В курсовом проекте рекомендуется назначать 5,0–10,0 м.

Коэффициент заложения откоса котлована ( $m$ ) принимается в зависимости от грунта и глубины выемки. При напластовании грунтов крутизна откоса для всех пластов принимается по более слабому виду грунта.

В нескальных грунтах, расположенных выше уровня грунтовых вод (УГВ), при глубине выемки до 5 м значение коэффициента  $m$  приводятся в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Крутизна откосов котлована при глубине выемки до 5 м

Грунты	Наибольшая крутизна откоса (1: $m$ ) при глубине выемки, м (до)		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные гравелистые	1:0,5	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0	1:0,5	1:0,75
Глина	1:0	1:0,25	1:0,5

При глубине выемок более 5 м, а также при неблагоприятных гидрогеологических условиях крутизна откоса устанавливается по расчету либо с устройством берм на откосах котлована. В курсовом проекте значение коэффициента  $m$  для глубин более 5 метров может быть определено по табл. 4.2.

Таблица 4.2

Крутизна откосов котлована  
при глубине выемки более 5 м

Грунты	Наибольшая крутизна откоса (1:m) при глубине выемки, м			
	5–6	6–8	8–10	10–14
Песчаные гравелистые	1:1,25	1:1,5	1:1,75	1:2
Супесь	1:1	1:1,25	1:1,5	1:1,75
Суглинок	1:0,85	1:1	1:1,25	1:1,5
Глина	1:0,75	1:1	1:1,25	1:1,5

## 5. ОСУШЕНИЕ КОТЛОВАНОВ

Работы в котлованах, затопляемых поверхностными и грунтовыми водами, сопряжены со значительными трудностями по удалению воды и очистке сооружений от сора, удлиняются сроки строительства и др. Поэтому наиболее распространенным является ведение строительных и монтажных работ в сухих котлованах.

Работы по осушению огражденных перемычками территории и котлована могут разделяться на две стадии:

– начальное осушение – будущий котлован огражден перемычками в русле реки и затоплен, поэтому требуется удалить воду, задержанную перемычками или оставшуюся в нем после разработки грунта из-под воды, экскаваторами или гидромеханизацией;

– поддержание котлована во время производства работ в сухом состоянии – удаление из котлована воды, поступающей при фильтрации через основание, перемычки и берега, и с атмосферными осадками.

### 5.1. Начальный водоотлив

Начальное осушение котлована в русле реки проводится после устройства в нем перемычек или окончания разработки котлована из-под воды, ограждения его от притока внешних поверхностных вод с помощью специально сооружаемых канав или обвалования. Объем воды, удаляемый из котлована ( $W$ ), складывается из начального геометрического объема воды в котловане к началу откачки ( $W_k$ ) и дополнительного притока воды в котлован ( $q$ ) за время откачки ( $t_{от}$ ), т. е.

$$W = W_k + q \cdot t_{от}.$$

Объем воды ( $W_k$ ) определяется как произведение площади живого сечения огражденного русла или разработанного кот-

лована на среднее расстояние между верховой и низовой перемычками или длину котлована (рис. 5.1–5.3).

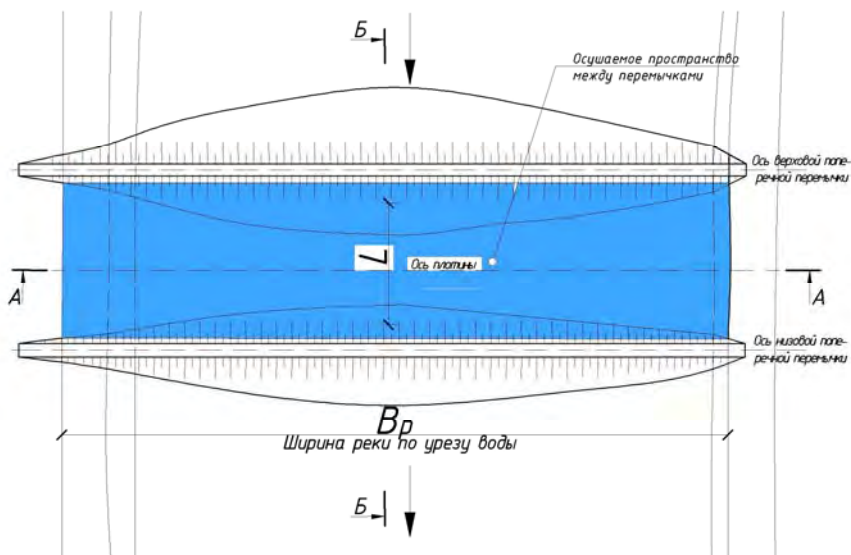


Рис. 5.1. Ситуация на строительной площадке после отсыпки перемычек

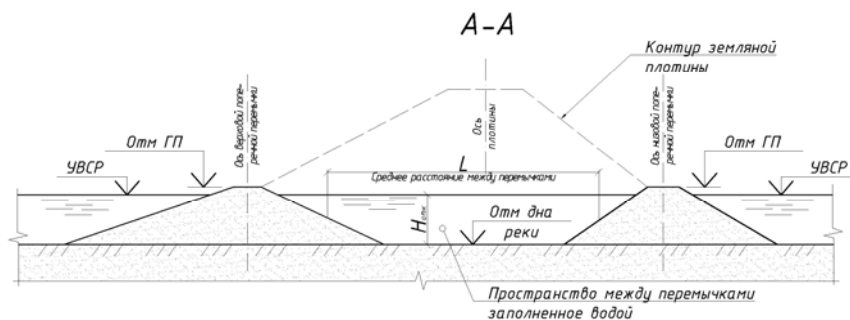


Рис. 5.2. Продольный разрез А–А

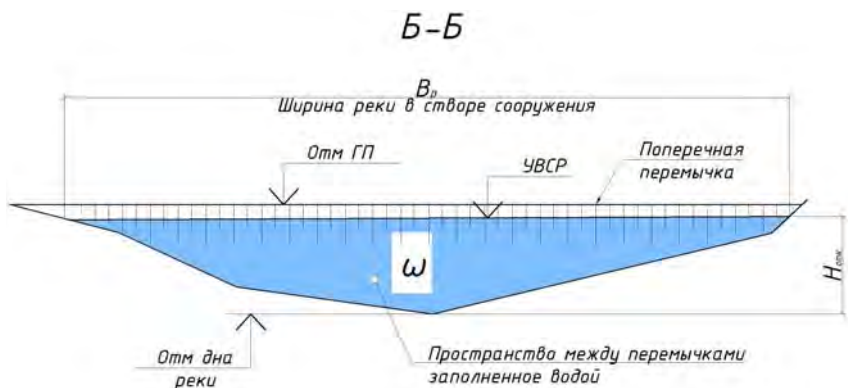


Рис. 5.3. Поперечный разрез Б–Б

Дополнительный приток в пространство, огражденное перемычками, или котлован ( $q$ ) складывается из притока воды через перемычку, откосы и дно котлована. Этот приток в течение времени ( $t_{от}$ ) изменяется, так как меняется напор воды с понижением уровня воды в котловане, не одинаково качество возведения перемычек по высоте и др., поэтому трудно точно определить величину притока. В таких случаях рекомендуется приблизительно определять объем откачки ( $W$ ) по формуле

$$W = k \cdot W_K,$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий увеличение объема откачки за счет притока,  $k = 2–10$  [7, 10], но при длительности откачки до 4 недель рекомендуется  $k = 2–4$  (рис. 5.4, 5.5).

Время на откачку воды из котлована зависит от скорости понижения уровня воды, которая определяется условием обеспечения устойчивости берегов, откосов перемычек и дна, так как резкое снижение уровня воды может привести к суффозионным и оползневым деформациям грунта, проявляющимся обычно внезапно вслед за снижением уровня воды. Исходя из этих условий, скорость понижения уровня воды за перемычками не должна превышать [7]:

0,5–0,7 м/сут – в огражденных пространствах из крупнозернистых и скальных грунтов;  
0,3–0,4 м/сут – из среднезернистых грунтов;  
0,15–0,20 м/сут – из мелкозернистых грунтов.

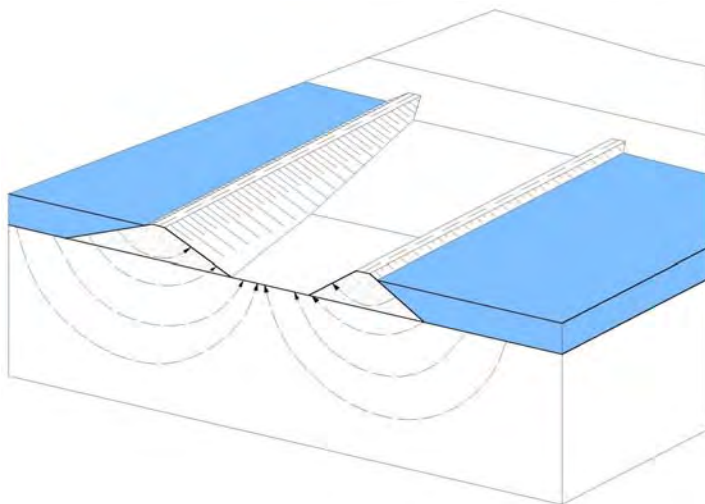


Рис. 5.4. Приток воды в пространство огражденное перемычками

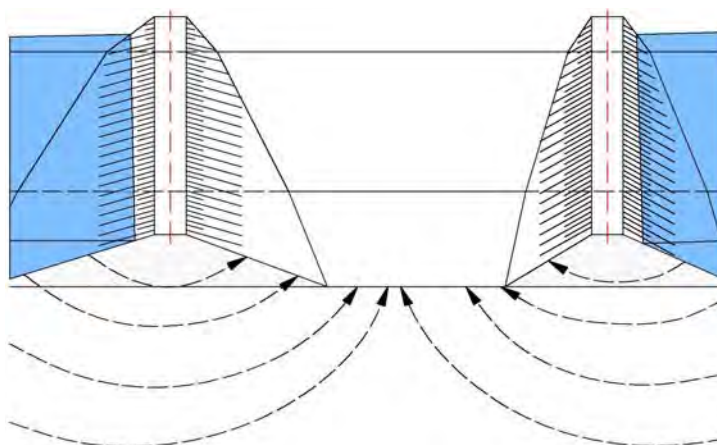


Рис. 5.5. Приток воды в пространство огражденное перемычками

Тогда время откачки воды из котлована:

$$t_{\text{от}} = \frac{H_{\text{вк}}}{h_{\text{от}}}, \text{ сут.},$$

где  $H_{\text{вк}}$  – глубина воды в огражденном пространстве, м;

$h_{\text{от}}$  – скорость понижения уровня воды, м/сут.

Для начального осушения котлована используются грунто-вые высокопроизводительные насосы, устанавливаемые стационарно на перемычке, если глубина от оси насоса до дна котлована не превышает 6 м, на передвижной установке, размещаемой на специальной раме и опускаемой с помощью лебедки, или на плавучих понтонах [10]. Подбор марки насосов осуществляется исходя из расхода откачки и производительности насоса при требуемой высоте подъема воды. Для открытого водоотлива используются насосы типа С, ГНОМ, НД, НЦС, К, Д, КМ [11]. В насосных станциях открытого водоотлива количество резервных насосов определяется следующим образом:

- при одном рабочем насосе – один резервный;
- при нескольких рабочих насосах – 50 % от их числа [7].

Следует стремиться к тому, чтобы на каждой насосной станции как рабочие, так и резервные насосы были одного типа. Характеристики некоторых типов насосов приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

#### Технические характеристики насосов

Тип насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м
С-247	24	9
С-245	120	20
Гном 10-10	10	10
15-15	15	15
25-20	25	20
53-10	53	10
100-25	100	25

Тип насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м
НЦС-1	120	11,3
	130	8,3
К 160/30	160	30
КМ 160-20	160	20
Д 200-36	200	360
Д 320-50	320	50

## 5.2. Поддержание котлована в осушенном состоянии

Поддержание котлована в сухом состоянии производится способами открытого водоотлива или грунтового водопонижения с отводом воды в реку, понижения, водоемы и др.

**Открытый водоотлив** применяется в крупных котлованах, устроенных в скальных, обломочных, галечниковых и гравийных грунтах, устойчивых против фильтрационных деформаций, и глинах, обладающих свойством сцепления. Возможно применение открытого водоотлива в котлованах, разрабатываемых в мелкозернистых грунтах при малой продолжительности осушения (устройство грунтовой плотины между перемычками), но при этом может быть оползание откосов и разрушение основания, поэтому необходимо предусматривать дренажную пригрузку откоса котлована.

Основными элементами открытого водоотлива являются водосбросные каналы и колодцы (зумпфы), насосы, водосбросной коллектор и пригрузка откосов из фильтрующего материала (рис. 5.6, 5.7).

Водосбросные каналы прокладывают, как правило, за пределами основания сооружения, глубиной 1–2 м, шириной по дну 0,5–0,6 м с коэффициентом заложения откосов, принимаемым в зависимости от грунта и продольным уклоном не менее 2 %. Минимальные размеры зумпфа назначаются из условия обеспечения непрерывной работы насоса в течение 5–10 мин.



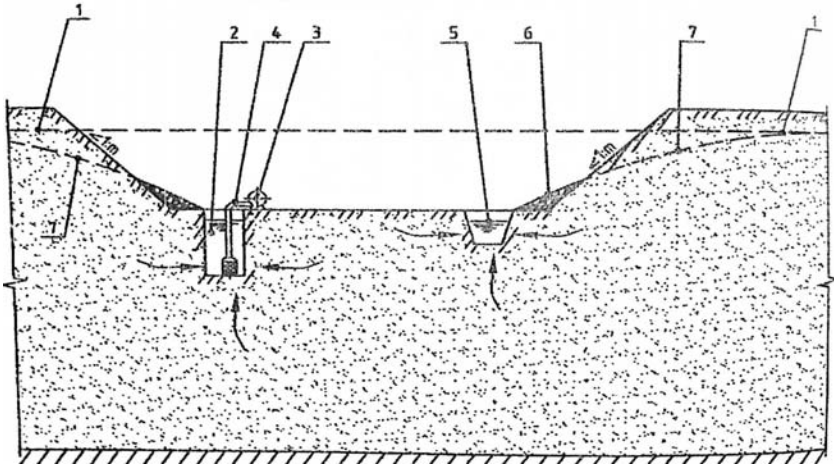


Рис. 5.6. Схема открытого водоотлива:

- 1 – нормальный уровень грунтовых вод; 2 – приямок (зумпф);
- 3 – насос; 4 – всасывающий трубопровод;
- 5 – водосборный кювет (канавка); 6 – дренирующая пригрузка откоса;
- 7 – пониженный УГВ (кривая депрессии)

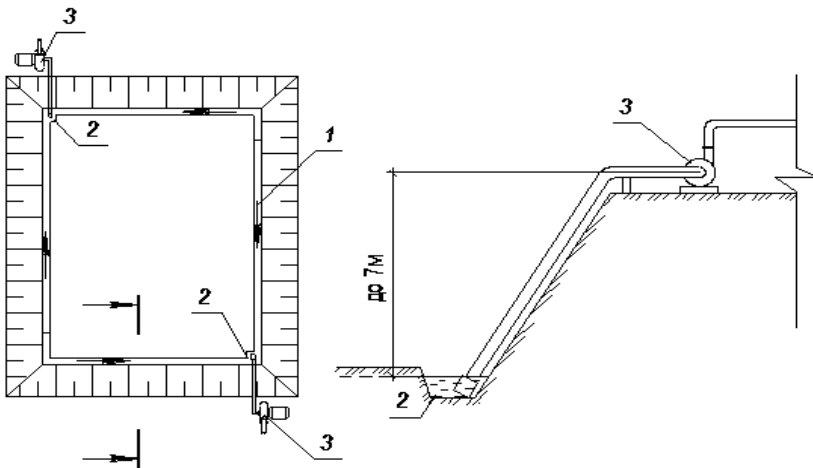


Рис. 5.7. Схема открытого водоотлива с расположением водопонизительной системы в плане:

- 1 – водосборный кювет (канавка); 2 – приямок (зумпф); 3 – насос

Грунтовое водопонижение (иглофильтровой способ) применяется в неслоистых грунтах. При коэффициентах фильтрации грунта 1–50 м/сут и понижении УГВ одной ступенью на глубину до 4–5 м применяются легкие иглофильтровые установки (ЛИУ), при коэффициентах фильтрации грунта 0,05–2 м/сут и глубине понижения УГВ до 6–7 м применяются установки вакуумного понижения (УВВ) и иглофильтры с обсыпкой, а при глубине понижения УГВ до 10–12 м – эжекторные иглофильтры с обсыпкой (ЭИ).

При переслаивании водоносных и водоупорных грунтов и понижении УГВ от 5 до 20 м применяются эжекторные вакуумные водопонизительные установки (ЭВВУ) с вакуумными концентрическими скважинами.

В грунтах с коэффициентами фильтрации менее 0,05 м/сут для усиления эффекта осушения применяется электроосмотический способ.

Открытые (соединяющиеся с атмосферой) водопонизительные скважины применяются в грунтах с коэффициентом фильтрации более 2 м/сут в виде скважин-колодцев – при большом притоке воды, осушении значительных площадей и в стесненных условиях независимо от глубины понижения УГВ.

### ***5.2.1. Иглофильтровой способ***

Среди имеющихся средств водопонизительного оборудования для осушения котлованов широко используются легкие иглофильтровые установки (ЛИУ). Они применяются для осушения грунтов с коэффициентом фильтрации 1–50 м/сут при понижении уровня грунтовых вод на 4–5 м от оси насоса до гребня кривой депрессии. Для понижения УГВ на большую глубину устанавливается несколько ярусов иглофильтров.

Иглофильтры погружаются в грунт способом подмыва. Расстояние между иглофильтрами принимается кратным 0,75 м, длина всасывающего коллектора одной установки – 105 м (рис. 5.8).

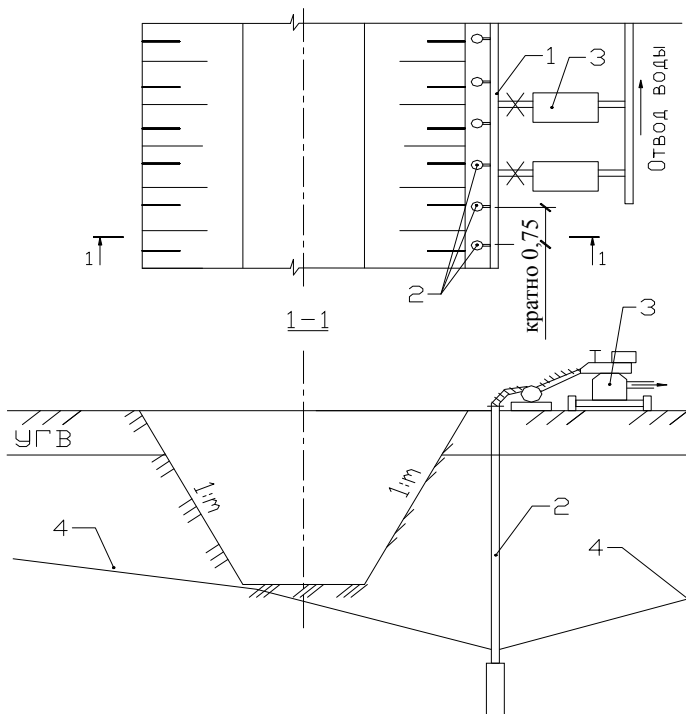


Рис. 5.8. Схема установки иглофильтров:  
 1 – всасывающий коллектор; 2 – иглофильтры;  
 3 – насосы; 4 – депрессионная кривая

Для осушения грунтов с меньшими коэффициентами фильтрации грунтов принимаются другие установки аналогичной конструкции и действия [12].

Для поддержания траншеи в осушенном состоянии на участке длиной  $L$  определяется количество иглофильтровых установок из условий:

– исходя из длины участка траншеи, м

$$N'_y = \frac{L}{105}, \text{ шт.},$$

где 105 – длина всасывающего коллектора установки, м;

– исходя из притока воды к иглофильтровой установке  $Q_y$ , м<sup>3</sup>/час

$$N_y'' = \frac{Q_y}{205},$$

где  $205 = 140 + 65$  – производительность двух насосов иглофильтровой установки ЛИУ 6 Б-(140 + 65), м<sup>3</sup>/час.

Исходя из полученного числа установок, принимается большее целое число ( $N_y$ ) и по нему уточняется или оставляется длина всасывающего коллектора ( $l_{\text{кол}}$ ), обеспечивающая откачку воды в 205 м<sup>3</sup>/час, т. е.

$$l_{\text{кол}} = \frac{L}{N_y}.$$

Приток воды к иглофильтровой установке, смонтированной вдоль траншеи, определяется на 100 м траншеи –  $Q_y^{100}$

$$Q_y^{100} = k\beta S,$$

где  $Q_y^{100}$  – приток воды к траншее с двух сторон, м<sup>3</sup>/час;

$k$  – коэффициент фильтрации грунта, м/сут;

$\beta$  – коэффициент, принимаемый от 1 до 3 (при малых сроках строительства величина  $\beta$  ближе к 3; при  $k > 30$  м/сут значения  $\beta$  ближе к 1);

$S$  – необходимое понижение УГВ, м.

Коэффициент фильтрации грунта определяется, как правило, в процессе инженерно-геологических изысканий, но для ориентированных расчетов можно использовать значения  $k$ , м/сут: гравий – 100–200; песок гравелистый – 50–100; крупно-зернистый – 15–50; среднезернистый – 5–15; мелкозернистый – 2–5; супесь – 0,1–1,0; суглинок – 0,001–0,1 и менее; торф – 0,01–4,5.

Приток воды к одной установке ЛИУ составляет

$$Q_i = \frac{l_{\text{кол}}}{100} Q_y^{100}, \text{ м}^3/\text{час.}$$

Количество иглофильтров к одной установке ЛИУ ( $N_{\text{и}}$ ) принимается исходя из дебита одного иглофильтра ( $q$ ), который определяется из графика (рис. 5.9) в зависимости от коэффициента фильтрации грунта ( $k$ ):

$$N_{\text{и}} = \frac{Q_i}{q}, \text{ шт.}$$

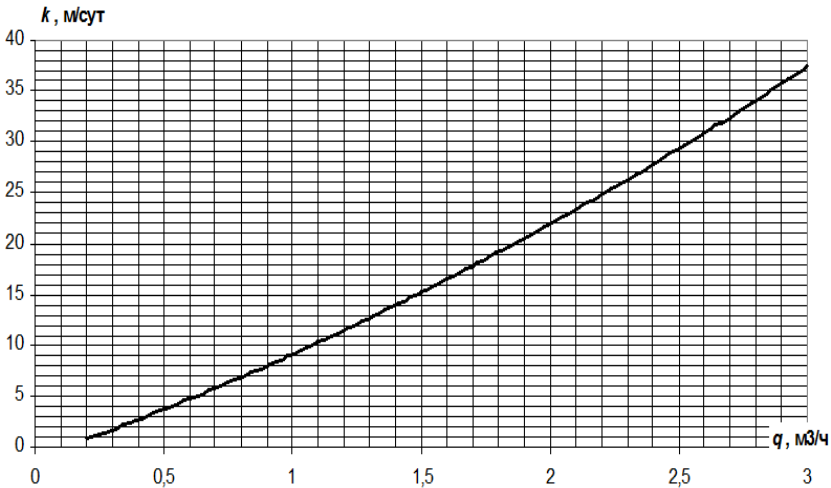


Рис. 5.9. Кривая пропускной способности иглофильтра

Исходя из полученного количества иглофильтров, определяется расстояние между иглофильтрами  $l_{\text{и}}$ , принимаемое кратным 0,75 м

$$l_{\text{и}} = \frac{l_{\text{кол}}}{N_{\text{и}}}.$$



3. Радиус кривой депрессии, м:

$$R = 3000S\sqrt{K},$$

где  $K$  – коэффициент фильтрации грунта основания.

4. Приведенный радиус, м:

$$r_e = \sqrt{\frac{L_m B_m}{\pi}},$$

где  $L_m$  – длина котлована по верху (между осями рядов скважин);  
 $B_m$  – ширина котлована по верху (между осями рядов скважин).

5. Водоприток к котловану, м<sup>3</sup>/с:

$$Q = \frac{\pi K (H^2 - Z^2)}{\ln R - \ln r_e}.$$

6. Водопоглащающая способность скважины-колодца, м<sup>2</sup>/с:

$$q_f = 2r\pi h_0 \frac{\sqrt{K}}{15},$$

где  $r$  – радиус скважины;

$h_0$  – затопленная длина фильтра.

7. Необходимое количество скважин:  $n = \frac{Q}{q_f}$ , шт. Прини-

мается основное количество скважин с учетом резервных. Расстояние между скважинами составляет  $b \geq 10r\pi$ .

8. Понижение УГВ в центре котлована, м:

$$h^2 = H^2 - \frac{Q}{\pi K} \left[ \ln R - \frac{1}{n} \ln(x_1; x_2 \dots x_n) \right],$$

где  $x_n$  – расстояние от центра котлована до центра каждой скважины.

9. Понижение УГВ в рассматриваемой скважине, м:

$$h^2 = H^2 - \frac{Q}{\pi K} \left[ \ln R - \frac{1}{n} \ln(x_1; x_2; \dots; x_n) \right],$$

где  $x_n$  – расстояние от центра рассматриваемой скважины до центра каждой скважины.

10. Потребляемая мощность, кВт:

$$N = \frac{Q h_m g}{\eta_{\text{э}} \eta_{\text{н}}},$$

где  $h_m = h_d + \frac{\alpha v^2}{2g} + h_w$  – напор насоса, м.

Манометрическая высота –  $h_d = \nabla_{\text{дно}} + 0,5 - \nabla_{\text{водоупор}} + h_w$ , м.

Потери –  $h_w = 5$  м. Коэффициент полезного действия насоса и электродвигателя –  $\eta_{\text{э}} = 0,8$ ;  $\eta_{\text{н}} = 0,85$ .

11. Диаметр коллектора –  $\omega = \frac{Q}{v n}$ , м<sup>2</sup>.

12. Диаметр главного коллектора –  $\omega = \frac{Q}{v}$ , м<sup>2</sup>.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Система проектной документации для строительства. Основные требования к документации строительного проекта = Сістэма праектнай дакументацыі для будаўніцтва. Асноўныя патрабаванні да дакументацыі будаўнічага праекта: СТБ 2255-2012. – Введ. РБ 01.07.2012 (с отменой на территории РБ ГОСТ 21.101-93). – Минск: Стройтехнорм, 2012. – 52 с.

2. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации архитектурных и конструктивных решений = Сістэма праектнай дакументацыі для будаўніцтва. Правілы выканання працоўнай дакументацыі архітэктурных і канструктыўных рашэнняў: ГОСТ 21.501-2018. – Взамен ГОСТ 21.501-2011; введ. РБ 01.01.2020. – Минск: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2020. – 52 с.

3. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам = Адзіная сістэма канструктарскай дакументацыі. Агульныя патрабаванні да тэкставых дакументаў: ГОСТ 2.105–95. Взамен ГОСТ 2.105-79, ГОСТ 2.906-71; введ. РБ 01.01.1997. – Минск: Белорус. гос. ин-т. стандартизации и сертификации, 2007. – 36 с.

4. Гидротехнические сооружения общего назначения = Гідратэхнічныя збудаванні агульнага прызначэння: СН 3.04.01-2020. – Введ. 13.07.2021 (с отменой на территории РБ ТКП 45-3.04-150-2009 (02250), ТКП 45-3.04-169-2009 (02250), ТКП 45-3.04-170-2009 (02250), ТКП 45-3.04-271-2012 (02250)). – Минск: Стройтехнорм, 2021. – 137 с.

5. Справочник по гидротехнике. Институт ВНИИ ВОДГЕО / А. Н. Ахутин [и др.]; под ред. А. Н. Ахутина. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1955. – 830 с.

6. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев [и др.]; под ред. П. Г. Киселева. – М.: Энергия, 1972. – 312 с.

7. Производство гидротехнических работ / А. И. Чураков [и др.]; под ред. А. И. Чуракова. – М.: Стройиздат, 1985. – 623 с.

8. Николаев, Ю. Г. Пропуск расходов реки при гидротехническом строительстве / Ю. Г. Николаев, А. Г. Якобсон. – М.: Энергия, 1978. – 320 с.
9. Моисеев, И. С. Справочник гидроэнергостроителя / И. С. Моисеев, В. Я. Шайтанов, А. Г. Якобсон. – М.: Энергия, 1976. – 512 с.
10. Ясинецкий, В. Г. Организация и технология гидромелиоративных работ / В. Г. Ясинецкий, Н. К. Фенин. – изд. 3-е. – М.: Агропромиздат, 1986. – 352 с.
11. Земляные работы / Л. В. Гришпун [и др.]; под ред. Л. В. Гришпуна. – М.: Стройиздат, 1992. – 352 с.
12. Белецкий, Б. Ф. Технология и механизация строительного производства : учебник / Б. Ф. Белицкий. – изд. 3-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2004. – 752 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....	5
1.1. Исходные данные.....	5
1.2. Состав работы. Порядок выполнения и оформления проекта.....	5
2. ВЫБОР СПОСОБА ПРОПУСКА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ В ПЕРИОД ВОЗВЕДЕНИЯ ГИДРОУЗЛА.....	7
2.1. Метод секционных перемычек .....	7
2.2. Стеснение русла перемычки .....	10
2.3. Возведение напорных сооружений с отводом реки в сторону от ее русла .....	14
2.3.1. <i>Отвод воды обводными каналами.....</i>	14
2.3.2. <i>Отвод строительных расходов временными тоннелями, трубами .....</i>	16
2.4. Пропуск строительных расходов через отверстия в возводимых сооружениях .....	18
3. ПЕРЕМЫЧКИ.....	24
3.1. Классификация перемычек .....	25
3.2. Конструкции перемычек .....	25
3.2.1. <i>Перемычки из местных строительных материалов.....</i>	25
3.2.2. <i>Шпунтовые перемычки .....</i>	27
3.2.3. <i>Бетонные перемычки.....</i>	28
3.3. Разборка перемычек.....	29
4. РАЗМЕРЫ КОТЛОВАНА ПОД БЕТОННОЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СООРУЖЕНИЕ.....	31
5. ОСУШЕНИЕ КОТЛОВАНОВ .....	34
5.1. Начальный водоотлив.....	34
5.2. Поддержание котлована в осушенном состоянии .....	39
5.2.1. <i>Иглофильтровой способ .....</i>	41
5.2.2. <i>Скважинное водопонижение .....</i>	45
ЛИТЕРАТУРА.....	48

Учебное издание

**КОРЕВИЦКИЙ** Георгий Александрович  
**НЕМЕРОВЕЦ** Ольга Владимировна

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Пособие  
для студентов специальности  
1-70 04 01 «Водохозяйственное строительство»

Редактор *Е. О. Германович*  
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 03.09.2021. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 2,96. Уч.-изд. л. 2,32. Тираж 100. Заказ 328.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.