



Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра гидротехнических сооружений и водоснабжения

*Н. В. Васильева*

**РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ  
ГИДРОТЕХНИКА**

*Методические указания по выполнению курсовой работы  
для студентов очной формы обучения факультета биотехнологии  
и аквакультуры и заочной формы обучения  
агробиологического факультета специальности  
1-74 03 03 Промышленное рыбоводство*

Горки  
БГСХА  
2016





УДК 626.88(072)

ББК 40.6я7

В19

*Рекомендовано методическими комиссиями  
факультета биотехнологии и аквакультуры  
(протокол № 6 от 25 февраля 2016 г.)  
и агробиологического факультета  
(протокол № 6 от 23 января 2016 г.)*

Автор:

кандидат технических наук, доцент *Н. В. Васильева*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *М. В. Нестеров*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Н. В. Барулин*

**Васильева, Н. В.**

В19 Рыбохозяйственная гидротехника : методические указания по выполнению курсовой работы / Н. В. Васильева. – Горки : БГСХА, 2016. – 54 с.

Изложены методики расчета водохозяйственного обеспечения водой и гидравлического расчета гидротехнических сооружений рыбоводного хозяйства.

Для студентов факультета биотехнологии и аквакультуры и агробиологического факультета специальности 1-74 03 03 Промышленное рыбоводство.

УДК 628.88(073)

ББК40.6 я7

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2016





## ВВЕДЕНИЕ

Управление водными ресурсами и эффективное использование естественных и искусственных водоемов и водотоков для целей рыбоводства посредством гидротехнических сооружений составляют научную и практическую основу гидротехники. Рыбохозяйственная гидротехника – это гидротехника, применяемая в различных областях рыбоводства и относящаяся к такому виду капитального строительства, при котором гидротехнические сооружения проектируются, строятся и эксплуатируются с учетом биологии разводимых рыб и решает ряд сложных комплексных задач, связанных со строительством рыбоводных предприятий, возведением рыбозащитных устройств на водозаборах.

Отличительной особенностью построенных и строящихся водохозяйственных объектов является наличие аккумулирующих русловых и наливных водохранилищ, а также крупных полносистемных рыбоводных хозяйств, площадью 2000–2500 га с питомниковыми прудами и инкубационными цехами. При помощи этих водотоков осуществляется срезка пика весенних и летне-осенних паводков, происходит аккумуляция стока, используемого для питания рыбхозов.

В настоящее время в Республике Беларусь построено 1100 прудов площадью более 1 тыс. км<sup>2</sup>. В целях рыборазведения построено 11 крупных рыбхозов, общая площадь которых достигает 180 км<sup>2</sup>.

Рыба как очень ценный продукт питания населения приобретает все большее значение. Увеличение потребности в белковой пище вызывает необходимость лучше и полнее использовать водные угодья внутренних водоемов республики. Потенциальные возможности развития рыбоводства на внутренних водоемах исключительно высоки. Однако они могут быть успешно реализованы только на основе ускорения научно-технического прогресса отрасли, развития новых организационных форм. Поэтому прудовое рыбоводство занимает все больший удельный вес в общем объеме добычи рыбы на внутренних пресных водоемах. Внутренние водоемы являются надежным источником ценной рыбной продукции, однако их потенциал используется далеко не полностью. Значительный прирост рыбы невозможен без коренной реконструкции, технического перевооружения и развития материально-технической базы рыбоводных хозяйств, оснащения их материально-техническими средствами для эффективной эксплуатации водоемов и гидротехнических сооружений. В связи с этим и отводится значительная роль рыбохозяйственной гидротехнике как неотъемлемой части рыбоводства.





## 1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

Объектом строительства является полносистемное прудовое карповое хозяйство, расположенное в (указать область, район, зону рыбоводства). Территория, выделенная под строительство хозяйства, представлена на планшете №. При выборе участка для строительства хозяйства были проведены рекогносцировочное обследование и изыскания, в ходе которых выполнены следующие работы:

1) подобрана широкая (не менее 50 м) и пологая пойма реки, пригодная для устройства прудов;

2) определено количество воды, которое может дать источник (река) в районе выбранной площадки строительства.

Водоток (река), протекающий в месте проектируемого объекта строительства, имеет довольно прямое русло без резких изгибов и перепадов. Ширина его колеблется от 20,0 до 65,0 м. В соответствии с данными геологических изысканий в пойме реки залегают: сверху и далее (указывают грунты по варианту задания), подстилающий слой представлен (указывается грунт). Борты представлены следующими видами грунта: (по варианту задания) Грунты из бортов будут использованы для возведения тела плотины, а грунты в пойме реки служат в качестве основания плотины.

Полносистемное прудовое рыбное хозяйство является тепловодным и предназначено для выращивания рыбопосадочного материала и товарной продукции карпа.

## 2. РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

### 2.1. Расчет рыбоводной продукции прудов разных категорий

В полносистемном карповом прудовом хозяйстве, которое работает с двухлетним оборотом, располагаются следующие основные категории прудов: зимовальный, нерестовой, маточный, выростной, нагульный. Карантинный пруд служит для изоляции больной рыбы. Мощность рыбоводного хозяйства (исходные данные).

Для расчета рыбоводной продукции хозяйства (в качестве примера) приняты следующие рыбоводно-биологические нормативы:

- 1) рыбопродуктивность выростного пруда  $P_v = 13$  ц/га;
- 2) рыбопродуктивность нагульного пруда  $P_n = 12$  ц/га;
- 3) средняя масса сеголетка  $M_c = 25$  г;
- 4) средняя масса товарного двухлетка  $M_r = 400$  г;
- 5) уменьшение массы сеголетка за зиму составляет 12 %;
- 6) выход рыбы от посадки сеголетков от личинок из нерестовых прудов – 65 %;
- 7) выход годовиков – 75 %;
- 8) выход двухлетков – 90 %;
- 9) выход личинок от 1 гнезда производителей  $P = 90$  тыс. шт.;
- 10) плотность посадки сеголетков в зимовальный пруд составляет  $p = 600$  тыс. шт/га.





11) мощность товарной рыбы в хозяйстве  $\Pi = 60$  т.

Для получения рыболовной продукции необходимо рассчитать количество карпа по этапам его выращивания в прудах разной категории с учетом выхода рыбы от посадки согласно исходным данным.

Количество двухлетков карпа определяется по формуле

$$A = \Pi / M_{\Gamma} = 60000 / 0,4 = 150000 \text{ шт.},$$

где  $A$  – количество двухлетков карпа, шт.;

$\Pi$  – плановая мощность хозяйства, кг;

$M_{\Gamma}$  – средняя масса товарного двухлетка, кг.

Количество годовиков карпа определяется по следующей формуле

$$B = A \cdot 100 / 90 = 150000 \cdot 100 / 90 = 166667 \text{ шт.},$$

где  $A$  – количество двухлетков карпа;

90 – процент выхода годовиков.

Количество сеголетков определяется по формуле

$$B = B \cdot 100 / 75 = 166667 \cdot 100 / 75 = 222223 \text{ шт.},$$

где  $B$  – количество годовиков карпа;

75 – процент выхода сеголетков.

Количество личинок определяется по формуле

$$C = B \cdot 100 / 65 = 222223 \cdot 100 / 65 = 341881 \text{ шт.},$$

где  $B$  – количество сеголетков карпа;

65 – процент выхода личинок.

Количество гнезд производителей определяется по формуле

$$N_c = C : p = 341\ 881 : 90000 = 3,79 \approx 4 \text{ шт.},$$

где  $C$  – количество личинок, шт.;

$p$  – выход личинок от 1 гнезда производителей,  $p = 90000$  шт.

Одно гнездо производителей состоит из одной самки и двух самцов.

## 2.2. Определение площадей прудов разных категорий

Площади прудов разных категорий (зимовальный, нерестовый, маточный, выростной, нагульный и карантинный) в полносистемном прудовом карповом хозяйстве должны находиться в строго определенном процентном отношении. Их площади рассчитываются на основании рыболовно-биологических нормативов, так





как в них заложены особенности и технология выращивания рыбы по этапам роста.

При расчете площадей прудов за исходную величину принимаем плановую мощность хозяйства ( $\Pi = 60$  т).

Площадь нерестового пруда определяется по формуле

$$S_{\text{нер}} = N_c \cdot F = 4 \cdot 0,05 = 0,2 \text{ га},$$

где  $N_c$  – количество гнезд производителей, 4 шт.;

$F$  – площадь 1 гнезда по нормативу,  $F = 0,05$  га.

Принимаем количество нерестовых прудов – 2 с площадью каждого по 0,1 га.

Площадь выростного пруда определяется по формуле

$$S_{\text{выр}} = V \cdot M_c / \Pi_v = 222223 \cdot 0,025 / 1300 = 4,27 \text{ га},$$

где  $M_c$  – средняя масса сеголетка, кг;

$\Pi_v$  – рыбопродуктивность выростного пруда.

Площадь зимовального пруда при норме посадки сеголетков в 600 тыс. шт/га определяется по формуле

$$S_{\text{зим}} = V / P = 222223 / 600000 = 0,37 \text{ га},$$

где  $P$  – норма посадки сеголетков в зимовальный пруд.

При уменьшении массы сеголетка за зиму в 12 %

( $25 \cdot 0,12 = 22$  г) средний штучный прирост двухлетка карпа составит:

$$M_k = M_r - M = 400 - 22 = 378 \text{ г}.$$

Площадь нагульного пруда определяется по формуле

$$S_{\text{наг}} = A \cdot M_k / \Pi_n = 150000 \cdot 0,378 / 1200 = 47,25 \text{ га},$$

где  $A$  – количество двухлетков карпа, шт.;

$M_k$  – средняя масса двухлетка карпа, 0,378 кг;

$\Pi_n$  – рыбопродуктивность нагульного пруда, равная 1200 кг/га;

Предварительно площадь прудов для рыбоводного хозяйства мощностью 60 т товарного карпа составит:

$$S = 0,2 + 4,27 + 0,37 + 47,25 = 52,09 \text{ га}.$$

Для маточного и карантинного прудов выделяется 1 % от предварительной площади прудов основных категорий:

$$S_{\text{м,к}} = S \cdot 0,01 = 52,09 \cdot 0,01 = 0,52 \text{ га}.$$





Принимаем площадь под маточный пруд  $S_m = 0,32$  га, а площадь под карантинный пруд  $S_k = 0,2$  га.

Площадь в хозяйстве, занятая прудами разных категорий, будет равна:

$$S_{x-ва} = 52,09 + 0,52 = 52,61 \text{ га.}$$

Все расчеты по площадям прудов хозяйства сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Соотношение площадей прудов (% от площади хозяйства)

Категории прудов	Общая площадь	
	га	%
Зимовальный	0,37	0,72
Нерестовый	0,2	0,40
Маточный	0,32	0,64
Выростный	4,27	8,4
Нагульный	47,25	89,44
Карантинный	0,20	0,40
Итого...	52,61	100

### 2.3. Компоновка прудов на плане

В рыбоводных хозяйствах располагаются следующие основные категории прудов: производственные и карантинно-изоляционные. Производственные пруды, в свою очередь, подразделяются на летние и зимние. Производственные летние пруды: нерестовые, выростные, нагульные, а зимние – пруд (зимовал), в котором зимой содержатся рыбопосадочный материал (сеголетков). Карантинно-изоляционные (карантинные) пруды служат для изоляции заболевшей рыбы.

Рыбоводные пруды в хозяйстве располагают таким образом, чтобы рационально использовался рельеф местности, обеспечивающий получение необходимых глубин прудов и самотечную подачу воды в них в соответствии с технологическим процессом выращивания карпа

Компоновку прудов начинают с выбора створа расположения головной плотины. Затем выявляют участок под строительство рыбоводных прудов. Расположение прудов осуществляют с учетом их технологического назначения. Затем на плане намечают трассу магистрального канала, который осуществляет подачу воды в пруды.

Существуют три основные схемы расположения прудов в хозяйстве: русловое, пойменное и комбинированное.

Русловое (ступенчатое) расположение прудов представляет собой каскад нагульных или выростных прудов, построенных на водотоках с узкой поймой и крутыми берегами.

Схема пойменного расположения прудов представляет собой систему прудов, размещенных по одну сторону или двум сторонам поймы реки. В пойме с одним пологим берегом пруды располагаются только с одной стороны, и водоснабжение





производится по одному магистральному каналу от головного пруда, созданного путем постройки головной плотины. Если оба берега пологие, то пруды располагают на двух берегах с водоснабжением по двум магистральным каналам с самостоятельными водозаборными сооружениями. При такой схеме рыбоводного хозяйства создается головной пруд посредством устройства грунтовой плотины.

Схема комбинированного расположения прудов представляет собой сочетание русловых и пойменных прудов.

Исходя из рельефа местности, выбираем пойменную схему расположения прудов полносистемного рыбоводного хозяйства (рис. 1, планшет). Для расположения прудов на плане выбираем ровную площадку с небольшим уклоном. На выбранном участке намечаем границы прудов, учитывая их характеристику (площадь, соотношение сторон, наибольшую глубину). Нижняя граница прудов определяется контурной дамбой, расположенной не ближе 20 м от уреза воды в водоприемнике (река), что обеспечивает минимум фильтрационных потерь из русла реки. Верхняя граница прудов определяется той горизонталью, до отметки которой будут заливать пруды при рекомендуемых наибольших глубинах. По обе стороны реки на выбранном участке размещаем пруды разных категорий.

Головной пруд предназначен для водоснабжения рыбоводного хозяйства. Строят его выше всех прудов хозяйства, для чего русло реки перегораживают плотиной, образующей водоем, из которого по магистральному каналу (каналам) осуществляется водоснабжение прудов.

Зимовальный пруд располагается за плотиной на расстоянии 70–100 м от нее. Форма пруда прямоугольная с соотношением ширины и длины 1:2 или 1:2,5. Пруд имеет хорошо спланированное дно с уклоном  $i = 0,001$  в сторону донного водоспуска. Водоснабжение и сброс зимовального пруда независимое.

Нерестовые пруды располагаем за зимовальным прудом на расстоянии не меньше 20 м, выполняем копаными и огораживаем дамбами. Форма прудов на плане – вытянутая по склону.

Мальковые пруды предназначены для выращивания мальков, пересаженных из нерестовых прудов. Они обвалованы дамбами и связаны непосредственно с нерестовыми прудами, поэтому их располагают рядом с ними, желательно ниже по склону долины.

Маточный пруд размещаем вблизи нерестовых прудов. Форма пруда зависит от рельефа местности. Подача и сброс воды из пруда независимые.

Выростной пруд по возможности размещают ближе к нерестовым прудам и зимовальному пруду для сокращения отходов при транспортировке мальков или сеголетков. Размеры и глубина выростного пруда зависит от рельефа местности и может быть различной. Подача и сброс воды в выростном пруду независимы и для вылова из него сеголетков устанавливают рыбоуловитель.

Нагульный пруд является наиболее крупным из всех прудов рыбоводного хозяйства и обваловывается дамбами. Размеры пруда определяется рельефом местности. Водоснабжение и сброс воды из него независимое, а для вылова товарной рыбы за донным водоспуском располагается рыбоуловитель.





Карантинный пруд размещается ниже всех прудов, в конце хозяйства. Расстояние от нагульного пруда до него должно быть больше 20 м. Фильтрация воды из него в другие пруды недопустима. Пруд имеет изолированное водоснабжение и сброс воды.

При компоновке прудов на генплане необходимо выполнить следующие вычисления:

1) перевести площади прудов (табл.1) из гектар в квадратные метры, т.е. 1 га = 10000 м<sup>2</sup> (в качестве примера):

$$S_{\text{нер}} = 0,2 \cdot 10000 = 2000 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{зим}} = 0,37 \cdot 10000 = 3700 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{наг}} = 47,25 \cdot 10000 = 472500 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{выр}} = 4,27 \cdot 10000 = 42700 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{мат}} = 0,32 \cdot 10000 = 3200 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{кар}} = 0,2 \cdot 10000 = 2000 \text{ м}^2;$$

2) пруды рыбхоза имеют прямоугольную форму, поэтому необходимо подобрать размеры ширины и длины пруда, чтобы они соответствовали площади пруда и масштабу генплана (1:5000, т. е. на плане 1 см соответствует 50 м):

$$S_{\text{нер}} = 2000 \text{ м}^2 = 50 \times 40 = 1 \text{ см} \times 0,8 \text{ см};$$

$$S_{\text{зим}} = 3700 \text{ м}^2 = 50 \times 74 = 1 \text{ см} \times 1,48 \text{ см};$$

$$S_{\text{наг}} = 472500 \text{ м}^2 = 250 \times 1890 = 5 \text{ см} \times 37,8 \text{ см};$$

$$S_{\text{выр}} = 42700 \text{ м}^2 = 125 \times 342 = 2,5 \text{ см} \times 6,8 \text{ см};$$

$$S_{\text{мат}} = 3200 \text{ м}^2 = 50 \times 64 = 1 \text{ см} \times 1,28 \text{ см};$$

$$S_{\text{кар}} = 2000 \text{ м}^2 = 1 \text{ см} \times 0,8 \text{ см}.$$

После всех вычислений необходимо расположить пруды на генплане в следующей последовательности: зимовальный, нерестовый, маточный, выростной, нагульный, (если размеры нагульного пруда большие, и он не помещается на одной стороне от реки, то площадь делят на два и один с меньшими размерами оставляют на одной стороне, а другой располагают на другой), карантинный. Расстояние между прудами должно быть не менее 20 м. Водоснабжение и сброс воды из прудов рыбхоза независимы, что дает возможность выключать в любое





время из эксплуатации любой пруд и мелиорировать его.

## 2.4. Определение отметки уровня воды в прудах разной категории

После выполнения компоновки прудов на генплане необходимо определить отметки уровня воды в них.

В головном пруду отметка уровня воды должна быть значительно выше отметки уровня воды в прудах рыбхоза и тем самым обеспечивать самотечную подачу воды к ним. Головной пруд располагается до плотины.

Зимовальный пруд располагается за плотиной и имеет глубину непромерзающего слоя воды 0,8–1,2 м, поэтому отметка дна зимовального пруда располагается либо на отметке горизонта воды в водоприемнике, либо должна быть несколько выше. Для полного спуска воды из зимовального пруда по его ложу устраивается осушительная сеть.

Отметка дна зимовального пруда (ДЗП) определяется по формуле

$$\nabla \text{ДЗП} = \nabla \text{ГВ}_p + 0,4 \text{ м}, \quad (2.4.1)$$

где  $\nabla \text{ГВ}_p$  – уровень горизонта воды в реке ( $\nabla_{\text{дна}} + 2,0$  м).

Отметка уровня воды в зимовальном пруду определяется по формуле

$$\nabla \text{УЗП} = \nabla \text{ДЗП} + h_{\text{ср}}, \quad (2.4.2)$$

где  $h_{\text{ср}}$  – средняя глубина воды в пруду (табл. 2).

Отметка дна выростного и нагульного прудов определяется с учетом расположения в них донного водоспуска. Донный водоспуск располагается в самом низком месте водоема, к которому вода поступает со всего ложа пруда по рыбо-сборно-осушительным каналам. Ниже донного водоспуска располагается рыбо-уловитель.

Отметки уровня воды в прудах разных категорий определяются с учетом средней глубины воды в них, которая приведена в табл. 2.

Таблица 2 – Характеристика прудов разных категорий

Категории прудов	Площадь пруда, га	Соотношение сторон	Наибольшая глубина, м	Средняя глубина, м	Примечание
Зимовальные	0,5–1,0	1 : 2,5	1,8–2,0	1,2	
Летне-маточные	По расчету	1 : 3	1,8–2,3	1,5–2,0	
Нерестовые	0,1	1 : 2–3	1,0–1,1	0,5–0,55	
Мальковые	До 1,0	–	1,5–1,8	1,0–1,5	
Выростные 1-го порядка	10–15	–	1,5	1,0–1,2	
Нагульные	50–100 До 150	По рельефу	2,0–2,5 3,0–3,5	1,3–1,5 –	Пойменные Русловые
Карантинные	0,2	1 : 3	1,5	1,0 – 1,3	





### 3. ГИДРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Выбор створа гидроузла

**Гидротехническим узлом, или гидроузлом,** называют комплекс гидротехнических сооружений, объединенных местоположением и связанных между собой назначением и совместной работой.

Гидротехнический узел создается на малых реках для создания головного пруда и поднятия в нем уровня воды до нужной отметки, чтобы обеспечить самотечное водоснабжение рыбоводных хозяйств, забора и подачи воды из головного пруда в рыбоводные пруды, полного спуска воды из головного пруда, сброса паводковых вод из верхнего бьефа в нижний бьеф.

Все сооружения гидроузла связаны между собой, поэтому его проектирование начинают с компоновки створа грунтовой плотины, мест расположения водозаборных сооружений и увязки основных их отметок (отметки уровней воды в головном пруду, гребня плотины, порога водосбросного сооружения и т. д.).

На положение створа плотины оказывают влияние различные условия: топографические, инженерно-геологические, гидрологические, строительные и др. Руководствуясь только топографией, створ плотины наиболее целесообразно располагать в самом узком месте водотока, так как это дает минимальный объем земляных работ. Геологические условия створа плотины требуют, чтобы грунты в основании плотины были прочны и способны принять на себя дополнительную нагрузку от сооружений. Гидрологические условия оказывают влияние на створ плотины, потому что при стоке заданной обеспеченности возможно наполнение головного пруда только до определенного объема.

На планшете (генплан) створ плотины располагают в самом узком месте поймы реки с таким расчетом, чтобы обеспечить удобный сброс воды через водосбросное сооружение из верхнего бьефа в нижний. Ось плотины должна быть по возможности нормальна к общему направлению долины и течению реки. Створ плотины является границей участка под головной пруд и участка под рыбоводные пруды. Водозаборное сооружение располагается у плотины с таким расчетом, чтобы вода самотеком подавалась в магистральный канал.

#### 3.2. Определение уровней воды в головном пруду

Плотина является основным сооружением, входящим в состав гидротехнического узла, возводится для создания головного пруда и построена на водотоке (реке), она делит ее на верхний и нижний бьеф.

Часть водотока (участок реки), прилегающая к подпорному сооружению (плотине) с верховой стороны (по направлению течения), называется верхним бьефом (ВБ), а нижним бьефом (НБ) называется участок реки с низовой стороны.

В головном пруду различают три расчетных уровня воды:

- форсированный подпорный уровень (ФПУ);
- нормальный подпорный уровень (НПУ);





- уровень мертвого объема (УМО).

Нормальный подпорный уровень (НПУ) – расчетный уровень головного пруда.

Отметка нормального подпорного уровня (НПУ) определяется по формуле

$$\nabla \text{НПУ} = \nabla \text{дна реки} + H_1 \text{ м}, \quad (3.2.1)$$

где  $\nabla$  dna реки берется с планшета, м;

$H_1$  – глубина воды в верхнем бьефе, м (исходные данные).

$$\nabla \text{НПУ} = 129,0 + 8,0 = 137,0 \text{ м.}$$

Форсированный подпорный уровень (ФПУ) – уровень выше нормального подпорного уровня (НПУ), до которого допускается временное поднятие уровня воды в головном пруду во время паводка или интенсивных дождей. Отметку форсированного уровня воды обычно принимают исходя из условия пропуска паводкового расхода водотока с учетом ущерба от временного затопления территорий, прилегающих к головному пруду.

Отметку форсированного подпорного уровня определяют по формуле

$$\nabla \text{ФПУ} = \nabla \text{НПУ} + h_{\text{ф}}, \quad (3.2.2)$$

где  $h_{\text{ф}}$  – высота подъема воды над НПУ, м (исходные данные).

$$\nabla \text{ФПУ} = 137,0 + 0,4 = 137,4 \text{ м.}$$

Уровень мертвого объема (УМО) – самый низкий уровень воды, до которого допускается опорожнение головного пруда.

Отметка уровня мертвого объема (УМО) зависит от срока службы головного пруда и интенсивности его заиления, санитарных требований, требуемой отметки командования головного пруда над рыбоводными прудами при самотечной подаче воды.

Отметка уровня мертвого объема (УМО) определяется по формуле

$$\nabla \text{УМО} = \nabla \text{НПУ} - h_{\text{ср}} \text{ м}, \quad (3.2.3)$$

где  $h_{\text{ср}}$  – глубина сработки полезного объема, м (исходные данные).

$$\nabla \text{УМО} = 137,0 - 1,2 = 135,8 \text{ м.}$$

Полезным объемом головного пруда ( $W_{\text{п}}$ ) называют объем, заключенный между отметками НПУ и УМО, который забирают для нужд рыбоводного хозяйства.

Мертвым объемом головного пруда ( $W_{\text{мо}}$ ) называют объем, заключенный между дном чаши пруда и отметкой уровня УМО и предназначенный для осаждения в нем наносов.

Полным объемом головного пруда ( $W$ ) называют объем, заключенный между





дном чаши головного пруда зеркалом воды на отметке НПУ, равный сумме объемов полезного объема  $W_{п}$  и мертвого объема  $W_{мо}$ .

### 3.3. Выбор типа плотины

**Грунтовой плотинной** называют гидротехническое сооружение из однородных или разнородных грунтов, которое перегораживает русло водотока и удерживает воду с одной стороны на более высоком уровне, чем с другой.

Плотины из грунтовых материалов практически всегда бывают глухими, то есть не допускают перелива воды через гребень.

Грунтовые плотины получили широкое распространение во всех областях гидротехнического строительства благодаря следующим преимуществам:

1) использование для их возведения практически всех местных грунтов, находящихся непосредственно на месте строительства рыбхоза;

2) их можно неограниченно наращивать по высоте без исключения из работы водоема при старом контуре плотины;

3) стоимость возведения грунтовых плотин, как правило, ниже стоимости возведения плотин из других материалов за счет механизации большинства видов работ.

Наряду с достоинствами грунтовые плотины имеют и недостатки:

1) невозможность сброса максимальных расходов через гребень плотины;

2) наличие в теле плотины фильтрационного потока, потенциально создающего условия для фильтрационных деформаций.

При возведении грунтовых плотин необходимо учитывать следующие требования:

1) заложения откосов плотин должны обеспечивать устойчивость сооружения и его основания при всех возможных условиях строительства;

2) откосы и гребень плотины должны иметь покрытие, защищающие их от волновых, ледовых и атмосферных воздействий;

3) дренажные устройства должны обеспечивать сбор и организованный отвод фильтрующейся воды, предотвращать фильтрационные деформации в теле и основании сооружений.

При проектировании тип грунтовой плотины принимается в зависимости от наличия на месте строительства грунта для возведения плотины и рода грунта в ее основании.

Грунтовые плотины возводятся из слабопроницаемых и водопроницаемых грунтов на водопроницаемом и водонепроницаемом основаниях.

На водонепроницаемом основании возводят следующие типы грунтовых плотин: однородные, с пластичным или жестким экраном, с ядром, с диафрагмой, из разнородных грунтов (с водонепроницаемой верховой призмой) (рис. 2).



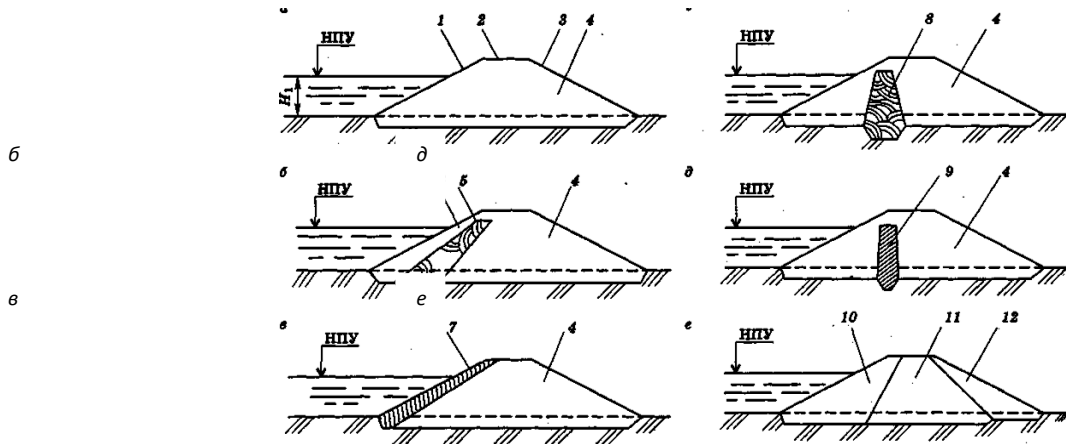


Рис. 2. Типы грунтовых плотин: *a* – однородная; *б* – с пластичным экраном; *в* – с жестким экраном; *г* – с ядром; *д* – с диафрагмой; *е* – из разнородных грунтов; 1 – верховой откос; 2 – гребень плотины; 3 – низовой откос; 4 – тело плотины; 5 – пластичный экран; 6 – защитный слой; 7 – жесткий экран; 8 – ядро; 9 – диафрагма; 10 – суглинок; 11 – супесь; 12 – песок

Однородные плотины строятся при наличии на месте строительства в достаточном количестве суглинков, тяжелых глин, насыщенных водой до нижнего предела пластичности.

Грунтовые плотины с пластичным экраном устраиваются, если тело плотины возводится из водопроницаемых грунтов (песков, супесей). Экран устраивают из суглинка, смеси глины и песка.

Грунтовые плотины с ядром возводятся, как и плотины с экраном из водопроницаемых грунтов (песков, супесей). Ядро, как и экран, уменьшает фильтрацию воды через тело плотины и устраивается из тех же материалов, что и экран. Толщина ядра принимается не менее 0,8 м вверху и не менее 0,1 м внизу.

Грунтовые плотины с диафрагмой, как и плотины с жестким экраном, возводятся при отсутствии соответствующих грунтов для ядра. Диафрагмы выполняются из бетона, железобетона, полимерных материалов.

Грунтовые плотины из разнородных грунтов возводят при отсутствии в необходимом количестве на месте строительства однородного грунта.

Под действием напора, создаваемого плотинной, происходит фильтрация воды из верхнего в нижний бьеф, как через тело плотины, так и через основание, особенно в местах сопряжения тела плотины с берегами и сооружениями, расположенными в теле плотины. Для предотвращения усиленной фильтрации в этих местах принимают меры, обеспечивающие плотное соединение тела грунтовой плотины с основанием, берегами и сооружениями.

На площади основания плотины вырубают кустарник и удаляют на глубину 0,3–1,0 м растительный слой с корневищами и ходами землеройных животных.

При сопряжении грунтовой плотины с основанием обычно водонепроницаемая часть плотины соединяется с водопроницаемым грунтом основания при помощи замка или зуба глубиной 0,5–0,7 м (рис. 3, *a*).

Однородные грунтовые плотины при толщине водопроницаемого слоя до 5 м





выполняются с замком из водонепроницаемого грунта (рис. 3, б). Замок врезается в водонепроницаемый грунт на глубину не менее 0,5 м. Ширина нижнего основания замка 2–3 м. Коэффициент откосов замка  $m_3 = 0,5-1,0$ .

Если толщина водопроницаемого слоя 5–7 м, то однородная плотина строится с противofiltrационной завесой (траншейной, выполняемой методом «стена в грунте») или шпунтовой стенкой, доходящих до водопроницаемого грунта (рис. 3, в).

Грунтовые плотины с экраном, ядром или диафрагмой при толщине водопроницаемого слоя 2–3 м выполняются с замком (рис. 3, д, е, ж).

Если толщина водопроницаемого грунта в основании плотины большая чем 2–3 м, тогда устраиваются однородные плотины с понуром или с экраном и понуром (рис. 3, з). Понур является продолжением экрана и устраивается из того же материала, что и экран. Толщина его в верхнем конце должна быть не менее 0,5 м.

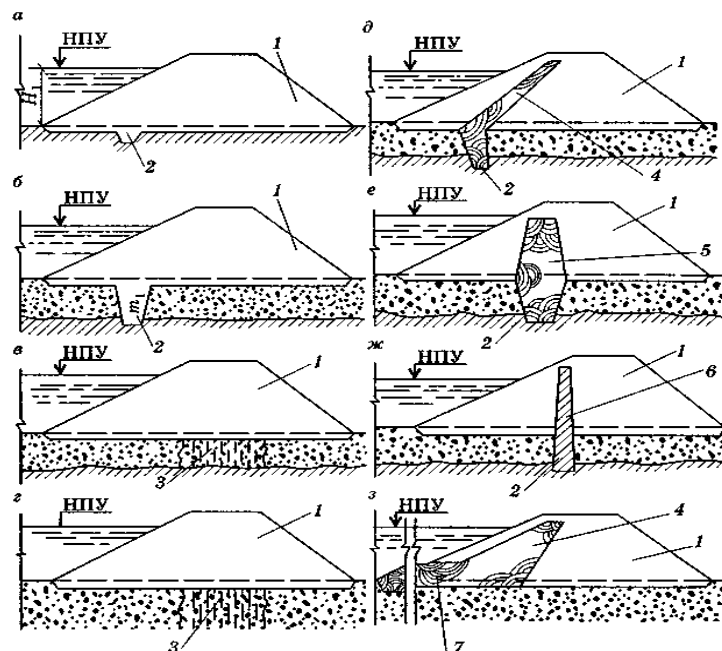


Рис. 3. Типы плотин и их сопряжение с основанием:  
а– однородная плотина с замком; б– однородная с глубоким замком;  
в–однородная с инъекционной завесой; г– однородная с «висячей»  
инъекционной завесой; д– с экраном и замком; е– с ядром и замком;  
ж– с диафрагмой и замком; з– с экраном и понуром; 1– тело плотины;  
2– замок (зуб); 3– противofiltrационная завеса; 4– экран; 5– ядро;  
6– диафрагма; 7– понур

Согласно исходным данным, тело плотины будет возведено из супеси, коэффициент фильтрации которого  $K_f = 0,5$  м/сут. В пойме реки залегает (исходные данные) песок мелкозернистый, коэффициент фильтрации его  $K_f = 5$  м/сут, который является основанием плотины.

Грунты, используемые для возведения тела плотины и служащие её основанием, имеют различные коэффициенты фильтрации, которые могут быть взяты из табл. 3.





Таблица 3. Значения коэффициентов фильтрации грунтов

Наименование грунтов	Коэффициенты фильтрации $K_f$ , м/сут
Глины	$< 0,001$
Суглинок	0,05–0,1
Супесь	0,1–0,5
Песок: пылеватый	0,5–0,1
мелкий	1,0–5,0
средний	5,0–20,0
крупный	20,0–50,0
Гравий	20,0–150,0

Какой тип плотины и как осуществлять сопряжение плотины с основанием студент решает самостоятельно.

### 3.4. Определение основных размеров профиля плотины

Плотина из грунта представляет собой насыпь трапециевидального профиля с постоянным или переменным уклоном откосов.

Основные элементы плотины указаны на рис. 4.

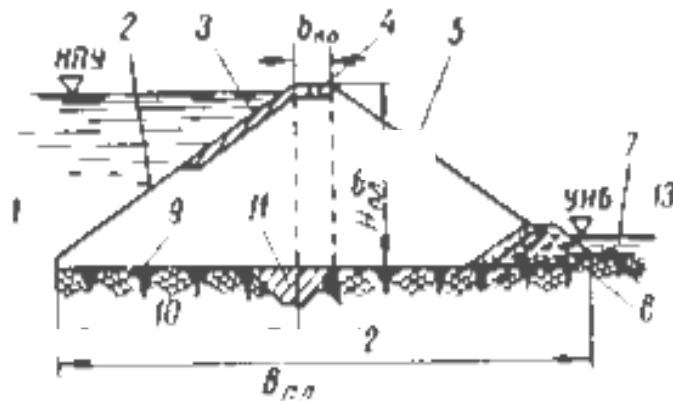


Рис. 4. Наименования и обозначения отдельных элементов плотины и прилегающих к ней участков водотока:  
1 – верхний бьеф; 2– верховой откос; 3–крепление откосов;  
4–гребень; 5– низовой откос; 6– высота плотины;  
7– нижний бьеф; 8–дренаж; 9–подошва; 10–заложение  
верхового откоса; 11– зуб; 12– ширина плотины по низу;  
13–экрaн; 14– заложение низового откоса; 15–понуp

Тело плотины обеспечивает устойчивость сооружения воздействию напора (гидростатическому давлению) и участвует в снижении фильтрации (потери воды) через напорный фронт. Откосы грунтовых плотин принимаются в зависимости от типа плотины, ее высоты и рода грунта, из которого она возводится.

Верховой откос, который находится под воздействием волн и льда и насыщен водой почти на всю высоту, делают более пологим, а низовой откос – более кру-





тым. Для защиты верхового откоса применяют сборные и монолитные железобетонные покрытия или каменную наброску. Коэффициенты заложения откосов принимаются по табл. 4.

Таблица 4. Коэффициенты заложения откосов ( $m_i$ ) для невысоких плотин IV класса

Откос	При расчетной высоте плотины					
	до 5		5–10		10–15	
	При грунтах тела плотины					
	глинистые	песчаные	глинистые	песчаные	глинистые	песчаные
Верховой	2	2,25	2,5	2,5–3	3	3
Низовой с дренажем	1,5	2	1,75	2	1,75	2
Низовой без дренажа	1,75	2	2	2,25	2,25	2,5

Низовой откос предохраняет тело плотины от воздействия атмосферных осадков и ветра. Наиболее распространенные виды крепления низового откоса плотины – это залужение, дерновое и гравийно-галечниковое покрытия.

Гребень защищает тело плотины от механического воздействия транспорта и атмосферных осадков. Ширину гребня плотины принимают не менее 4,5 м и в зависимости от условий производства работ эксплуатации. Если по гребню плотины предусмотрена дорога, то ширина его зависит от категории дороги. Проезжая часть гребня плотин укрепляется одеждой в зависимости от категории дороги. Гребень плотин без дороги специально не укрепляется.

Глинистые грунты тела плотины в зоне гребня защищают слоем из несвязанных грунтов толщиной равной расчетной глубины промерзания. Ограждения (сигнальные столбики) ставят на расстоянии не более 0,5 м от бровки гребня, а по длине плотины – через 4–6 м.

На прямолинейных участках дороги проезжую часть выполняют с двухсторонним поперечным уклоном. На криволинейных участках гребня дорогу выполняют с виражом, придавая проезжей части односторонний уклон.

Возвышение гребня определяется с учетом ветрового нагона воды ( $\Delta h$ ), высоты наката ветровых волн ( $h_n$ ) и необходимого запаса ( $a$ ) по высоте сооружения по следующей формуле:

$$d = \Delta h + h_n + a \quad (3.4.1)$$

Принимаем величину наката ветровых волн  $\Delta h = 0,3$  м, высоту ветрового нагона  $h_n = 0,4$  м, конструктивный запас  $a = 0,5$  м:

$$d = 0,3 + 0,4 + 0,5 = 1,2 \text{ м.}$$

Проектная отметка гребня определяется по формуле

$$\nabla \text{ГП} = \nabla \text{дна} + H_1 + h_\phi + d \text{ м.} \quad (3.4.2)$$

Высота плотины определяется по формуле





$$H_{пл} = \nabla ГП - \nabla_{\text{дна}} \text{ м.} \quad (3.4.3)$$

Подошва – линия сопряжения плотины с основанием. Подошва обеспечивает передачу нагрузки на основание и надежность контакта с ним.

Дренаж грунтовых плотин устраивается со стороны низового откоса с целью понижения положения кривой депрессии. Дренаж предупреждает размыв низового откоса, отводит фильтрационную воду, проходящую через тело и основание плотины в нижний бьеф, что уменьшает заложение низового откоса и повышает его устойчивость. Дренаж устраивают в плотинах всех типов и при различной их высоте. Дренаж состоит из двух основных частей: приемной – в виде обратного фильтра из одного или нескольких слоев и отводящей – для отвода воды из тела плотины в нижний бьеф. По конструкции и расположению в теле плотины различают следующие типы дренажа (рис. 5): дренажный банкет, наклонный, трубчатый, горизонтальный, комбинированный.

Дренажный банкет (призма) – довольно распространенный тип дренажа, имеющий много положительных сторон: допустимость выполнения простыми средствами, защита низового откоса от волновых воздействий, дренирование не только плотины, но и ее основания, дренирование тела плотины при подъеме уровня воды в нижнем бьефе.

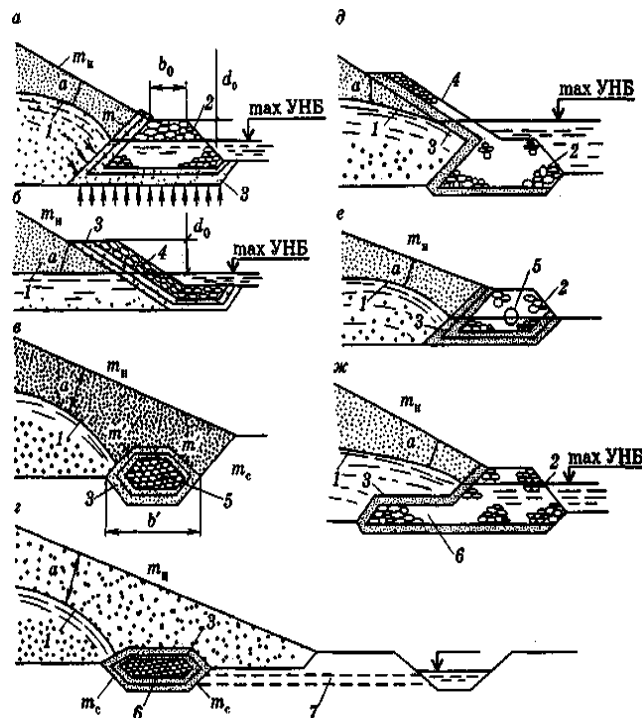


Рис. 5. Основные типы дренажа низового клина плотины:  
*а*– дренажный банкет; *б*–наклонный дренаж; *в*– трубчатый дренаж;  
*г*– горизонтальный дренаж; *д, е, ж*– комбинированный тип дренажа;  
*1*– кривая депрессии; *2*– дренажный банкет; *3* – обратный фильтр;  
*4* –наклонный дренаж; *5* – труба; *6*– горизонтальная продольная  
дренажная лента; *7*– отводящая труба





### 3.5. Фильтрационный расчет плотины

Под действием напора, создаваемого плотиной, фильтрация воды происходит из верхнего бьефа в нижний бьеф, как через тело плотины, так и через основание, если оно проницаемо. В результате этого часть тела плотины насыщается фильтрационной водой, верхнюю свободную поверхность которой называют **депрессионной поверхностью**. Линию пересечения этой поверхности с вертикальной плоскостью называют **депрессионной кривой**, или **кривой депрессии**. Фильтрация воды в теле плотины вызывает неблагоприятные явления. Насыщенный водой грунт находится под действием гидродинамических сил, стремящихся сдвинуть частицы грунта в направлении движения фильтрационного потока. Все это неблагоприятно влияет на устойчивость низового откоса, вызывает фильтрационные деформации грунта, как низового откоса, так и основания плотины. В целях борьбы с такими явлениями в теле плотины устраивается дренаж, который оказывает существенное влияние на положение депрессионной кривой и гидродинамическое воздействие фильтрационного потока на плотину.

При фильтрационных расчетах грунтовых плотин ввиду сложности учета всех факторов, оказывающих влияние на движение грунтового потока, рассматривается упрощенная модель, в которой приняты следующие допущения:

- 1) фильтрацию рассматривают в одной плоскости, составляющие скорости, перпендикулярные этой плоскости, принимаются равные нулю;
- 2) грунт тела плотины имеет значение коэффициента фильтрации во всех направлениях и в любых точках области фильтрации постоянное;
- 3) при наличии водоупора его считают теоретически водонепроницаемым;
- 4) положение депрессионной кривой в однородных плотинах не зависит от качества грунта, а определяется только геометрическими размерами профиля плотины.

В результате фильтрационного расчета определяем положение депрессионной кривой в теле плотины и фильтрационный расход через тело плотины.

Проектный поперечный профиль плотины приводится к расчетной схеме, исключая отдельные мелкие детали, и вычерчивается в масштабе без искажения. При составлении расчетной схемы фильтрации необходимо также учитывать свойства грунтов основания. В зависимости от их водопроницаемости могут быть две основные схемы – плотины на водонепроницаемом основании и плотины на водопроницаемом основании.

**1-й случай.** Однородная плотина с дренажем на водонепроницаемом основании.

Исходными данными для расчета являются заложения верхового и низового откосов  $m_1 = 2,5$  и  $m_2 = 1,75$ , глубина воды в верхнем бьефе  $H_1 = 8,0$  м, глубина воды в нижнем бьефе  $H_2 = 1,1$  и коэффициент фильтрации тела плотины  $K_\phi = 5$  м<sup>3</sup>/сут (рис. 6).



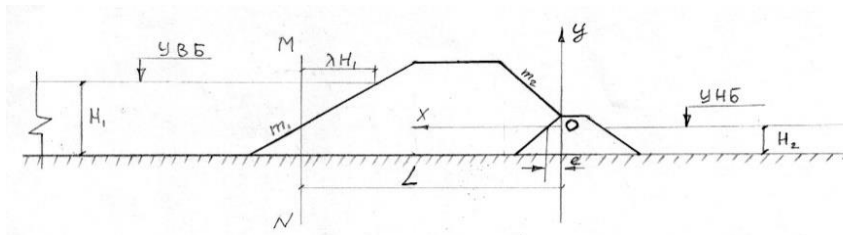


Рис. 6. Однородная плотина с дренажем на водонепроницаемом основании

Расчет ведется в следующей последовательности:

1. Определяется положение раздельного сечения MN, находящегося на расстоянии  $\lambda H_1$  от точки уреза воды в ВБ (рис. 6). Величина  $\lambda$ , зависящая от коэффициента верхового откоса  $m_1$ , определяется по формуле Г. М. Михайлова:

$$\lambda = \frac{m_1}{1 + 2m_1}, \quad (3.5.1)$$

где  $m_1$  – коэффициент верхового откоса;  
 $H_1$  – глубина воды в верхнем бьефе, м.

$$\lambda = \frac{2,5}{1 + (2 \cdot 2,5)} = \frac{2,5}{6,0} = 0,42.$$

Величина  $\lambda H_1 = 0,42 \cdot 8 = 6,36$  м.

2. Вычисляется величина захода кривой депрессии в дренаж по следующей зависимости  $\ell \approx (0,05-0,06) H_1$ .

Величина  $\ell = 0,05 \cdot H_1 = 0,05 \cdot 8 = 0,4$  м.

3. Устанавливается начало координат кривой депрессии в точке 0 и ось X направлена по уровню воды в НБ в сторону ВБ, ось Y проходит через начало координат 0 на расстоянии  $\ell$  от точки пересечения с осью X внутреннего откоса дренажа.

Таким образом, устанавливается расчетное расстояние L от начала координат кривой депрессии до раздельного сечения MN.

4. Ординаты депрессионной кривой подсчитываются, задаваясь значениями X, по уравнению

$$Y^2 = \frac{(H_1 - H_2)^2}{L} X. \quad (3.5.2)$$

Расстояние L в масштабе между сечениями MN и началом координат 0 составляет 33 м.

Задаемся значениями X и определяем значение Y в табличной форме

X	5	10	15	20	25	30	33
Y	2,7	3,8	4,6	5,4	6,0	6,6	6,9





$$y^2 = \frac{(8-1,1)^2}{33} 5 = 2,7 \text{ м}^2.$$

5. Удельный фильтрационный расход в сечении определяется по формуле

$$q = \frac{(H_1)^2 - (H_2)^2}{2L} \cdot K_\phi, \quad (3.5.3)$$

где  $K_\phi$  – коэффициент фильтрации грунта тела плотины, м/сут;

$H_1$  – глубина воды в верхнем бьефе, м;

$H_2$  – глубина воды в нижнем бьефе, м.

Тело плотины выполняется из супеси с коэффициентом фильтрации  $K_\phi = 0,5$  м/сут.

$$q = \frac{(8)^2 - (1,1)^2}{233} 0,5 = \frac{64 - 1,21}{66} 0,5 = 0,95 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

**2-й случай.** Однородная плотина с дренажем на водопроницаемом основании.

Исходным материалом к расчету служит поперечный профиль плотины в расчетном сечении (рис. 7). Известны: уровень воды в верхнем бьефе  $H_1$ , уровень воды в нижнем бьефе  $H_2$ , заложение верхового откоса  $m_1$  и заложение низового откоса  $m_2$ , коэффициент фильтрации основания  $K_\phi$ , м/сут.

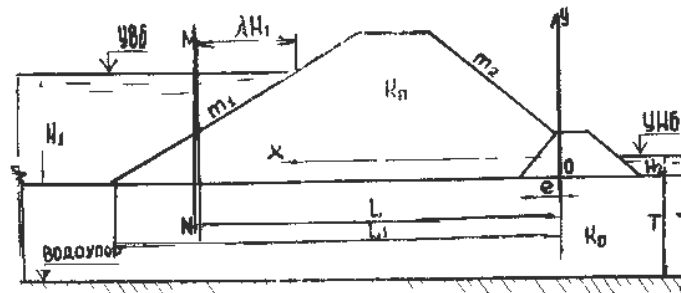


Рис. 7. Однородная плотина с дренажем на водопроницаемом основании

Фильтрационный расчет по данной схеме осуществляется в следующей последовательности:

1. Определяется положение раздельного сечения  $MN$ , находящегося на расстоянии  $\lambda H_1$  от точки уреза по уровню воды. Величина  $\lambda$  определяется, как и в первом случае.

2. Величина захода кривой депрессии в дренаж будет равна:

$$\ell \approx (0,05-0,06) H_1 = 0,05 \cdot 8 = 0,4 \text{ м.}$$

3. Удельный фильтрационный расход в сечении тела плотины определяется по формуле (3.5.3)





$$q = \frac{(H_1)^2 - (H_2)^2}{2L} K_{\phi} = \frac{8^2 - 1,1^2}{2 \cdot 33} 0,5 = 0,95 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

4. Рассматривается движение фильтрационного потока под плоским флютбетом, т. е. в фиктивной трубе диаметром  $T$ , в которую вода входит через дно верхнего бьефа и выходит в дренаж по кривым струйкам.

Средний градиент потока определяется по формуле

$$I_{\text{cp}} = \frac{H_1 - H_2}{n \cdot L_1}, \quad (3.5.4)$$

где  $H_1, H_2$  – глубины воды в ВБ и НБ, м;

$T$  – толщина проницаемого основания, м;

$L_1$  – ширина плотины по подошве до оси  $Y$ ;

$n$  – поправочный коэффициент (табл.5).

Таблица 5. Значения поправочного коэффициента

$\frac{L_1}{T}$	20	5	4	3	2	1
$n$	1,15	1,18	1,23	1,30	1,44	1,87

$$I_{\text{cp}} = \frac{8 - 1,1}{2 \cdot 49} = \frac{6,9}{98} = 0,07.$$

5. Удельный расход воды через основание плотины определяется по формуле

$$q_o = K_{\phi}^{\text{oc}} \cdot \frac{T \cdot (H_1 - H_2)}{n \cdot L_1}. \quad (3.5.5)$$

$$q_o = 0,01 \cdot \frac{4,5 \cdot (8,0 - 1,1)}{1,46 \cdot 49} = \frac{31,05}{56,84} = 0,005 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

6. Полный удельный расход фильтрации через рассматриваемое сечение плотины будет равен

$$q = q_n + q_o = 0,95 + 0,005 = 0,955 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

#### 4. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ РАСЧЕТ

В полносистемном прудовом карповом хозяйстве, выращивание рыбы осуществляется в нерестовом, выростном, нагульном прудах. Производители располагаются





в маточном пруду, а больная рыба находится в карантинном. Вода является средой обитания рыб и для получения товарной продукции (рыбы) хозяйству необходимо забрать определенный объем воды из реки. Необходимый объем воды из реки будет использован для наполнения прудов, пропитки их ложа и восполнения потерь на испарение и фильтрацию. Эти данные можно получить в результате выполнения водохозяйственного расчета. Целью водохозяйственного расчета является определение объемов воды, необходимых для выполнения технологического процесса по выращиванию рыбы и соблюдения календарного графика сроков наполнения и подачи воды в пруды в течение всего периода получения товарной продукции.

#### 4.1. Определение количества воды для наполнения прудов различных категорий

Объем воды для наполнения прудов различных категорий определяется по формуле

$$W = F \cdot h_{\text{ср}} \cdot \text{м}^3, \quad (4.1.1)$$

где  $F$  – площадь прудов данной категории,  $\text{м}^2$ ;

$h_{\text{ср}}$  – средняя глубина пруда данной категории, м (табл. 2);

Объем воды для наполнения зимовального пруда будет равен

$$W_{\text{зим}} = 3700 \cdot 1,8 = 6660 \text{ м}^3.$$

Объем воды для наполнения маточного пруда составит

$$W_{\text{мат}} = 3200 \cdot 1,6 = 5150 \text{ м}^3.$$

Объем воды для наполнения нерестовых прудов будет равен

$$W_{\text{нер}} = 2000 \cdot 0,5 = 1000 \text{ м}^3.$$

Объем воды для наполнения выростного пруда составит

$$W_{\text{выр}} = 42700 \cdot 1,1 = 46970 \text{ м}^3.$$

Объем воды для наполнения нагульного пруда будет равен

$$W_{\text{наг}} = 472500 \cdot 1,4 = 661500 \text{ м}^3.$$

Объем воды для наполнения карантинного пруда составит

$$W_{\text{кар}} = 2000 \cdot 1,2 = 2400 \text{ м}^3.$$





Расход воды для наполнения прудов различных категорий по формуле

$$Q = \frac{W \cdot 1000}{T \cdot 86400} \text{ л/с,} \quad (4.1.2)$$

где  $W$  – объем воды для наполнения прудов данной категории,  $\text{м}^3$ ;  
 $T$  – количество суток для наполнения (табл. 6).

Таблица 6 – Сроки наполнения и подачи воды в пруды, сут

Категории прудов	Наполнение			Работа			Опорожнение		
	начало	конец	продол-жительность	начало	конец	продол-жительность	начало	конец	продол-жительность
Зимовальные	29.09	02.10	4	02.10	25.04	180	26.04	27.04	2
Нерестовые	26.05	26.05	1	27.05	23.06	27	24.06	25.06	2
Выростные	01(10).06	20.06	20(10)	21.06	01.10	123	02.10	07.10	7
Нагульные	06(16).04	26.04	20(10)	26.04	20.10	197	20.10	30.10	10
Летне-маточные	22.04	26.04	4	26.04	01.10	159	02.10	04.10	2
Зимне-маточные	29.09	02.10	4	02.10	25.04	178	26.04	27.04	2
Карантинные	28.04	29.04	2	29.04	01.10	156	01.10	01.10	1

Расход воды для наполнения зимовального пруда определяем следующим образом:

$$Q_{\text{зим}} = \frac{6660 \cdot 1000}{4 \cdot 86400} = \frac{6660000}{345600} = 19,27 \text{ л/с.}$$

Расход воды для наполнения маточного пруда будет равен

$$Q_{\text{мат}} = \frac{5150 \cdot 1000}{4 \cdot 86400} = \frac{5150000}{345600} = 14,9 \text{ л/с.}$$

Расход воды для наполнения нерестовых прудов составит

$$Q_{\text{нер}} = \frac{1000 \cdot 1000}{1 \cdot 86400} = \frac{1000000}{86400} = 11,57 \text{ л/с.}$$

Расход воды для наполнения выростного пруда будет равен

$$Q_{\text{выр}} = \frac{46970 \cdot 1000}{20 \cdot 86400} = \frac{46970000}{1728000} = 27,18 \text{ л/с.}$$

Расход воды для наполнения нагульного пруда составит

$$Q_{\text{наг}} = \frac{661500 \cdot 1000}{20 \cdot 86400} = \frac{661500000}{1728000} = 382,8 \text{ л/с.}$$

Расход воды для наполнения карантинного пруда находим следующим образом:





$$Q_{\text{кар}} = \frac{2400 \cdot 1000}{2 \cdot 86400} = \frac{2400000}{172800} = 13,9 \text{ л/с.}$$

#### 4.2. Определение количества воды для пропитки ложа прудов различных категорий

Объем воды для пропитки ложа прудов определяем по формуле

$$W_{\text{пр}} = \mu \cdot h_{\text{гр}} \cdot F \text{ м}^3, \quad (4.2.1)$$

где  $\mu$  – коэффициент дефицита водонасыщения,  $\mu = 0,06 - 0,08$ ;

$h_{\text{гр}}$  – глубина залегания грунтовых вод, м (исходные данные);

$F$  – площадь пруда данной категории,  $\text{м}^2$ .

Объем воды для пропитки ложа зимовального пруда будет равен

$$W_{\text{зим}} = 0,06 \cdot 2,0 \cdot 3700 = 444 \text{ м}^3.$$

Объем воды для пропитки ложа нерестовых прудов составит

$$W_{\text{нер}} = 0,06 \cdot 2,0 \cdot 2000 = 240 \text{ м}^3.$$

Объем воды для пропитки ложа маточного пруда будет равен

$$W_{\text{мат}} = 0,06 \cdot 2,0 \cdot 3200 = 384 \text{ м}^3.$$

Объем воды для пропитки ложа выростного пруда составит

$$W_{\text{выр}} = 0,06 \cdot 2,0 \cdot 42700 = 5154 \text{ м}^3.$$

Объем воды для пропитки ложа нагульного пруда будет равен

$$W_{\text{наг}} = 0,06 \cdot 2,0 \cdot 472500 = 56700 \text{ м}^3.$$

Объем воды для пропитки ложа карантинного пруда составит

$$W_{\text{кар}} = 0,06 \cdot 2,0 \cdot 2000 = 240 \text{ м}^3.$$

Все расчеты по вычислению объемов воды для пропитки ложа прудов различных категорий сведены в табл. 7.

Таблица 7 – Объем воды, необходимый для пропитки ложа прудов

Категории прудов	Площадь прудов, $\text{м}^2$	Коэффициент водонасыщения $\mu$	Глубина залегания грунтовых вод, м	Объем воды для пропитки, $\text{м}^3$
Зимовальный	3700	0,06	2,0	444
Нерестовые	2000	0,06	2,0	240
Маточный	3200	0,06	2,0	384





Выростной	46700	0,06	2,0	5154
Нагульный	472500	0,06	2,0	56700
Карантинный	2000	0,06	2,0	240

Расход воды на пропитку ложа прудов различных категорий определяется по формуле

$$Q = \frac{W \cdot 1000}{T \cdot 86400} \text{ л/с}, \quad (4.2.2)$$

где  $W$  – объем воды на пропитку ложа прудов данной категории,  $\text{м}^3$ ;

$T$  – количество суток на пропитку ложа пруда (табл. 6).

Расход воды на пропитку ложа зимовального пруда будет равен

$$Q_{\text{зим}} = \frac{444 \cdot 1000}{4 \cdot 86400} = \frac{444000}{345600} = 1,28 \text{ л/с.}$$

Расход воды на пропитку ложа маточного пруда составит

$$Q_{\text{мат}} = \frac{384 \cdot 1000}{4 \cdot 86400} = \frac{384000}{345600} = 1,11 \text{ л/с.}$$

Расход воды на пропитку ложа нерестового пруда будет равен

$$Q_{\text{нер}} = \frac{240 \cdot 1000}{1 \cdot 86400} = \frac{240000}{86400} = 2,77 \text{ л/с.}$$

Расход воды на пропитку ложа выростного пруда составит

$$Q_{\text{выр}} = \frac{5154 \cdot 1000}{20 \cdot 86400} = \frac{5154000}{1728000} = 2,98 \text{ л/с.}$$

Расход воды на пропитку ложа нагульного пруда будет равен

$$Q_{\text{наг}} = \frac{56700 \cdot 1000}{20 \cdot 86400} = \frac{56700000}{1728000} = 3,28 \text{ л/с.}$$

Расход воды на пропитку ложа карантинного пруда составит

$$Q_{\text{кар}} = \frac{2401000}{1 \cdot 86400} = \frac{240000}{172800} = 1,39 \text{ л/с.}$$

### 4.3. Определение количества воды, расходуемого на испарение с водной поверхности и фильтрацию из прудов

Потери воды на испарение и фильтрацию из нагульного и выростного прудов определяются по формуле





$$W_{\text{исп}} = K \cdot T \cdot F \text{ тыс. м}^3/\text{га}, \quad (4.3.1)$$

где  $T$  – время подачи воды на технологические нужды, сут (табл. 3);

$F$  – площадь нагульных и выростных прудов, га;

$K$  – удельные потери воды на испарение и фильтрацию, зависящие от гидрогеологических условий и географической зоны Республики Беларусь (табл. 8).

Таблица 8 – Приблизительные значения потерь воды на испарение и фильтрацию из прудов

Пруды	Значения удельных потерь воды на испарение и фильтрацию в зависимости от географической зоны, $K$ (тыс. м <sup>3</sup> /га)		
	северная	центральная	южная
Выростные	0,034	0,038	0,042
Нагульные	0,032	0,036	0,040

Объем потерь воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию из выростного пруда будет равен

$$W_{\text{выр}}^{\text{исп}} = 0,034 \cdot 123 \cdot 42700 = 17857,14 \text{ м}^3.$$

Расход воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию из выростного пруда определяется по формуле

$$Q_{\text{выр}} = \frac{W_{\text{выр}}^{\text{исп}} \cdot 1000}{T \cdot 86400} = \frac{17857,14 \cdot 1000}{123 \cdot 86400} = 16,8 \text{ л/с.}$$

Объем потерь воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию из нагульного пруда будет равен

$$W_{\text{наг}}^{\text{исп}} = 0,032 \cdot 197 \cdot 472500 = 297864 \text{ м}^3.$$

Расход воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию из нагульного пруда определяется по формуле

$$Q_{\text{наг}} = \frac{W_{\text{наг}}^{\text{исп}} \cdot 1000}{T \cdot 86400} = \frac{297864 \cdot 1000}{197 \cdot 86400} = 175 \text{ л/с.}$$

Потери воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию из прудов находятся из условия, что они составляют 1,5 л/с с одного гектара площади зеркала пруда.

Расход воды на испарение и фильтрацию из прудов различных категорий рассчитываем следующим образом:

$$Q = 1,5 \cdot F \text{ л/с,}$$





где  $F$  – площадь прудов, га (табл. 2).

Расход воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию из нерестовых прудов будет равен

$$Q_{\text{нер}} = 1,5 \cdot 0,2 = 0,3 \text{ л/с.}$$

Расход воды на испарение с водной поверхности и фильтрацию из маточного прудасоставит

$$Q_{\text{мат}} = 1,5 \cdot 0,32 = 0,48 \text{ л/с.}$$

Расход воды на испарение и фильтрацию из карантинных прудов

$$Q_{\text{кар}} = 1,5 \cdot 0,2 = 0,3 \text{ л/с.}$$

Данные об объемах и расходах воды сведены в табл. 9.

Таблица 9 – Распределение объемов и расходов воды в разные периоды эксплуатации прудов

Категории прудов	Период эксплуатации				потери на испарение и фильтрацию $Q$ , л/с
	наполнение прудов		пропитка ложа		
	$W$ , м <sup>3</sup>	$Q$ , л/с	$W$ , м <sup>3</sup>	$Q$ , л/с	
Зимовальные	6660	19,27	444	1,28	–
Нерестовые	1000	11,57	240	1,27	0,30
Выростной	46970	27,18	5154	2,98	16,8
Нагульный	597500	382,8	56700	3,28	175,0
Маточный	5150	14,9	384	1,11	0,48
Карантинный	2400	13,9	240	1,39	0,30

#### 4.4. Расчет и построение графика водопотребления рыбхоза

Для проектирования системы водоснабжения рыбоводных прудов полносистемного хозяйства и последующей ее эксплуатации необходимо знать количество воды, направляемой на наполнение прудов, пропитку ложа прудов, потерь на испарение и фильтрацию из них. Для этого составляется сводная ведомость объемов и расходов воды по месяцам в течение года для прудов всех категорий рыбоводного хозяйства (табл. 10). Данные таблицы служат исходным материалом для построения графика водопотребления прудов полносистемного хозяйства. По оси абсцисс откладываются месяцы, разбитые на декады, а по оси ординат – расходы  $Q$ , л/с, значение которых берется из табл.10. На график водопотребления наносят распределение стока реки, которая является источником воды для рыбоводного хозяйства.

Построенный график водопотребления позволяет получить данные для гидравлического расчета магистрального канала и установить расчетный расход водозабора (рис. 8).



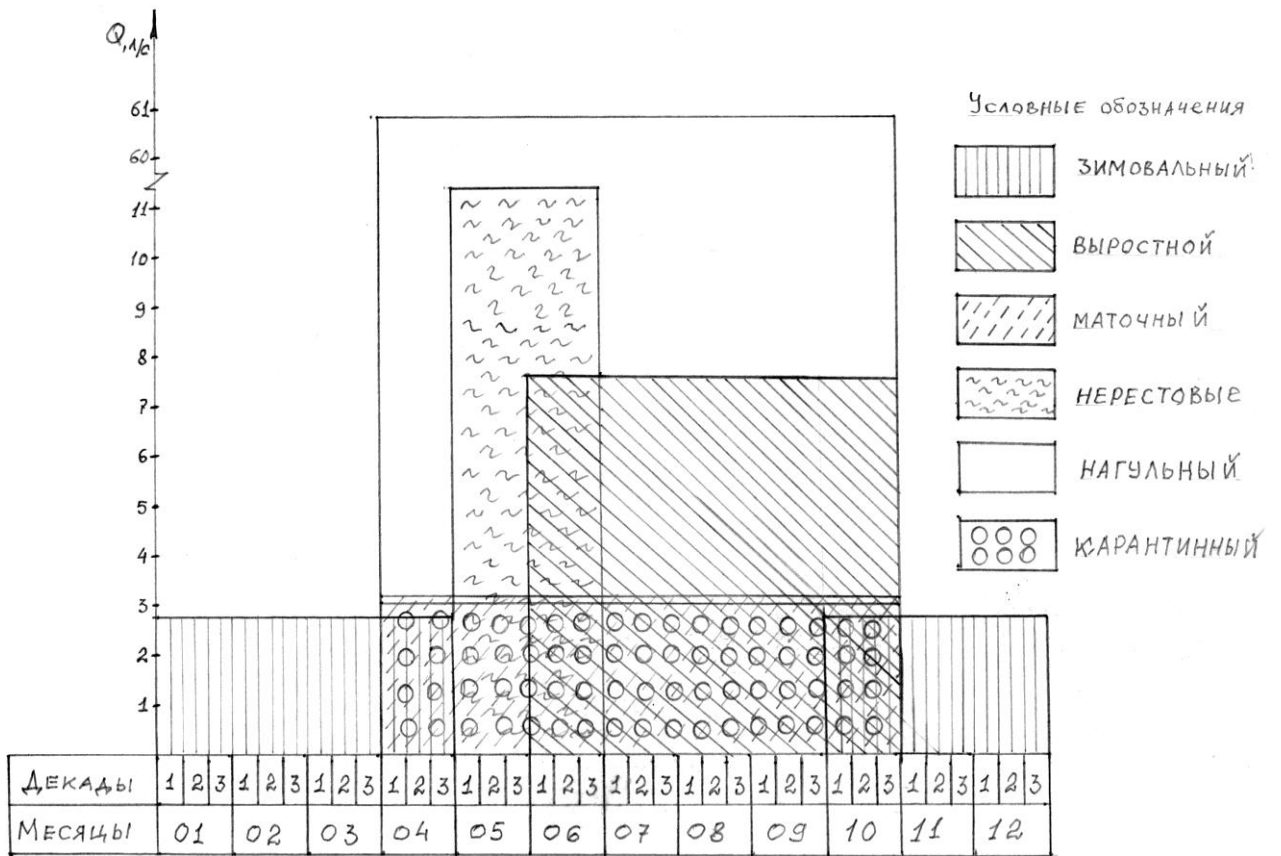


Рис. 8. График водопотребления рыбхоза





Таблица 10 – Сводная ведомость объемов и

расходов воды

Категории прудов	Площадь прудов, га	Период наполнения	Продолжительность эксплуатации, сут	Объемы и расходы воды по месяцам												
				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
				W Q	W Q	W Q	W Q	W Q	W Q	W Q	W Q	W Q	W Q	W Q	W Q	W Q
Зимовальный	0,37	29.09–25.04	207	1063,3 2,79	960,4 2,52	1063,3 2,79	857,5 2,25							1063,3 2,79	1029,0 2,7	1063,3 2,79
Нерестовые	0,2	28.05–24.06	27					137,77 1,42	1102,08 11,4							
Выростной	4,27	01.06–01.10	123						12722,92 7,35	13022,79 7,59	13022,79 7,59	12722,92 7,35	420,09 0,245			
Нагульный	47,25	18.04–31.10	197				59774,58 35,28	102945,1 60,76	199624,3 60,76	102945,1 60,76	102945,1 60,76	199624,3 58,8	102945,1 60,76			
Маточный	0,32	26.04–01.10	159				174,0 0,5	1078,8 3,1	1044,0 3,0	1078,8 3,1	1078,8 3,1	1044,0 3,0	34,8 0,1			
Карантинный	0,2	29.04–01.10	156				50,76 0,3	524,52 3,0	507,6 2,94	524,52 3,0	524,52 3,0	507,6 2,94	16,92 2,40			

## 5. СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ

В систему водоснабжения прудового рыбоводного хозяйства входят магистральные каналы и водовыпуски (распределители), подводящие воду непосредственно к прудам.

Магистральный канал рассчитывают на пропуск расходов воды в соответствии с графиком наполнения прудов и располагают его выше отметок уровней воды в прудах. Если схема хозяйства с двухсторонним расположением прудов, то предусматривают два магистральных канала по двум сторонам поймы реки и в начале каждого магистрального канала строят водозаборное сооружение.

### 5.1. Головной водозабор

Водозаборное сооружение служит для забора воды из источника водоснабжения и подачи ее в магистральный канал. Водозаборное сооружение устраивают в голове каналов, поэтому его называют **головным водозаборным сооружением**.

По своей конструкции головные водозаборные сооружения делятся на открытые шлюзы-регуляторы и закрытые – трубчатые.

Головной водозабор закрытого типа состоит из входной части, башни, водоотводящей трубы и выходной части (рис. 9).

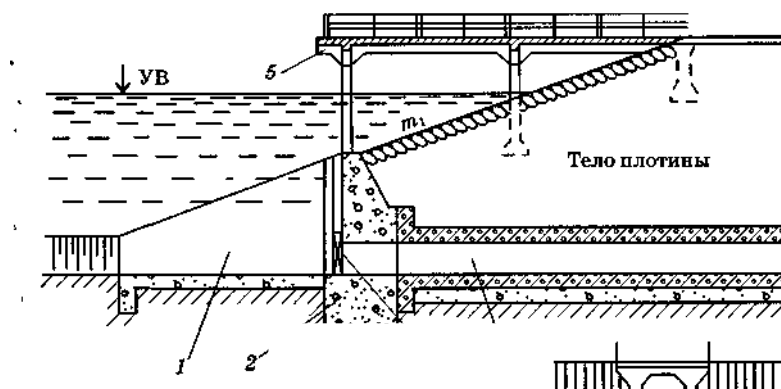


Рис. 9. Водозабор по типу безнапорных труб:

1 – подводящий участок; 2 – бетонный оголовок; 3 – затвор; 4 – безнапорная труба; 5 – служебный мостик

Входная и выходная части водозабора со стороны верхнего и нижнего бьефов укрепляются железобетонными плитами, мощением.

Расход воды в башне, которая выполняется бетонной или железобетонной, регулируется шандорами или затворами, расположенными в швеллерных пазах. Для обслуживания сооружения устанавливают служебный мостик. Водопроводящая часть состоит из железобетонных или стальных труб, уложенных на бетонную подготовку. Вдоль трубы на расстоянии через 5 м устраивают железобетонные диафрагмы, а трубу обкладывают мятой глиной, чтобы уменьшить фильтрацию воды из нее.

Трубопровод водозаборного сооружения работает под напором. Для определения его диаметра выполняется гидравлический расчет по формулам равномерного движения воды в трубопроводах.

$$Q = w \cdot v, \quad (5.1.1)$$

где  $Q$  – расход воды, необходимый для нужд рыбхоза, м<sup>3</sup>/с;

$w$  – площадь поперечного сечения трубопровода, м<sup>2</sup>;

$v$  – скорость воды в трубопроводе, м/с.

Скорость движения воды в трубопроводе определяется по формуле

$$v = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}} \cdot \sqrt{2g \cdot H_0}, \quad (5.1.2)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$H_0$  – действующий напор (разность уровней воды верхнего и нижнего бьефов), м;

$\zeta$  – коэффициент потерь в трубопроводе,  $\zeta = 0,1$  м.

Площадь поперечного сечения трубопровода можно найти через его геометрические размеры или через отношение расхода воды в трубопроводе к скорости движения воды в ней.

$$w = \frac{\pi d^2}{4} \quad (5.1.3)$$

$$w = \frac{Q}{v}. \quad (5.1.4)$$

Тогда диаметр трубопровода определяется по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4w}{\pi}}. \quad (5.1.5)$$

где  $w$  – площадь поперечного сечения трубопровода, м<sup>2</sup>;

$d$  – диаметр трубопровода, м.

## 5.2. Трассирование магистрального канала

Каналами называют водопропускные сооружения, предназначенные для транспортирования воды из одного пункта в другой и представляющие собой искусственные русла правильных очертаний. В рыбоводных хозяйствах применяют в основном самотечные каналы, в которых вода движется под действием сил тяжести из-за наличия уклона дна. Магистральный канал представляет собой искусственное русло трапецеидального сечения. По бокам канал ограничивают откосами с определенным уклоном в зависимости от вида грунта, в котором его прокладывают.

**Трассированием канала** называется нанесение оси канала с заданным уклоном на план. Трассирование канала выполняется на планшете (масштаб 1:5000) с горизонталями местности после того, как закончена компоновка прудов. Уклон канала назначают с учетом рельефа местности и требований, предъявляемых при проектировании водоподающих каналов, которые прокладываются в грунтах. В рыбоводных хозяйствах магистральные каналы проектируют с уклоном  $i = 0,001-0,002$  и  $i = 0,003-0,004$ .

Трассирование канала осуществляется в следующей последовательности:

1. Задается уклон канала  $i$ .
2. Начальная точка магистрального канала определяется по формуле

$$\nabla MK_{\text{нач}} = \nabla УМО - (h_k + h_{\text{п}}),$$

где  $h_k$  – уровень воды в магистральном канале, м;

$h_{\text{п}}$  – высота перепада,  $h_{\text{п}} = 0,2\text{м}$ .

3. Конечная отметка магистрального канала определяется по формуле

$$\nabla MK_{\text{кон}} = \nabla MK_{\text{нач}} - i \cdot L.$$

где  $i$  – уклон магистрального канала,  $i = 0,001$ ;

$L$  – длина магистрального канала (определяется в масштабе с планшета).

### 5.3. Гидравлический расчет канала

Основная задача гидравлического расчета канала – определение его основных размеров для пропуска расчетного расхода. Для этого принимают форму поперечного сечения, определяют его основные размеры и устанавливают режим движения потока воды.

Магистральный канал рассчитывают на пропуск расхода воды в соответствии с графиком наполнения прудов рыбхоза (табл.9).

Гидравлический расчет канала производим по основной формуле равномерного движения в открытых руслах.

$$Q = w \cdot v, \quad (5.3.1)$$

где  $Q$  – расчетный расход воды,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$w$  – площадь живого сечения,  $\text{м}^2$ ;

$v$  – средняя скорость течения воды,  $\text{м}/\text{с}$ .

Так как известен расчетный расход магистрального канала, то из формулы (5.3.1) получаем выражение для определения площади живого сечения ( $w$ )

$$w = \frac{Q_p}{v} \text{ м}^2. \quad (5.3.2)$$

Допустимую скорость движения воды в канале определяем, используя табл. 11.

Таблица 11 – Допускаемые неразмывающие средние скорости для грунтов, м/с

Грунт	$v$ , м/с
Супесь:	
слабая	0,7–0,50
уплотненная	1,0
Суглинок:	
легкий	0,7–0,80
средний	1,0
плотный	1,10–1,20
Глина нормальная	1,20–1,40
Песок при среднем размере частиц, мм:	
0,25	0,37–0,39
0,37–0,50	0,38–0,44
0,75–2,0	0,47–0,70

Расчетный расход воды, необходимый для наполнения, пропитки ложа и испарения с водной поверхности прудов и фильтрации равен 662,81 л/с, или 0,663 м<sup>3</sup>/с (см. табл.9).

Тогда площадь живого сечения магистрального канала будет равна

$$w = \frac{0,663}{0,7} = 0,95 \text{ м}^2,$$

где  $v = 0,8$  м/с – для супеси.

Для каналов с трапецеидальной формой поперечного сечения площадь живого сечения канала определяется по формуле

$$w = (b + m \cdot h) \cdot h, \quad (5.3.3)$$

где  $b$  – ширина канала по дну, м;

$m$  – коэффициент заложения откоса;

$h$  – глубина воды в канале, м.

Коэффициенты заложения откосов канала в зависимости от вида грунта определяются по табл. 12.

Таблица 12 – Коэффициенты заложения откосов каналов в выемке

Грунты русла канала	Заложение откоса, $m$
Глина, суглинок твердый, полутвердый	1–1,5
Суглинок мягкопластичный, супесь	1,25–2,0
Песок мелкий	1,5–2,5
Песок пылеватый	3,0–3,5

Глубина воды в канале ( $h_k$ ) изменяется в пределах 0,4–0,7 м. Для расчета принимаем глубину воды в канале  $h_k = 0,5$  м.

Ширина канала по дну определяется из выражения

$$b = \frac{w - m \cdot h^2}{h} \text{ м.}$$

$$b = \frac{0,95 - 1,5 \cdot (0,5)^2}{0,5} = \frac{0,95 - 0,375}{0,5} = 1,15 \text{ м.}$$

В результате выполнения гидравлического расчета установлены следующие размеры магистрального канала:

ширина канала по дну  $b = 1,15$  м;

глубина воды в канале  $h = 0,5$  м;

заложение откосов канала  $m = 1,25$ .

#### 5.4. Водовыпуски

Водовыпускные сооружения, или водовыпуски, (ВВ) используют для наполнения и подпитки прудов свежей водой путем забора воды из магистрального канала. Водовыпуски бывают открытые (лотковые) и закрытые (трубчатые).

При заборе воды из магистрального канала, проложенного в выемке или в полунасыпи, подача ее в пруды осуществляется лотками.

Лоток представляет собой канал, дно и стенки которого выполнены из железобетона, бетона или полимеров. Лотки выполняются прямоугольного, параболического, трапецеидального и круглого поперечного сечения. Для уменьшения поперечного сечения лотков прокладку его осуществляют по наибольшему уклону местности.

Скорость течения воды в лотке во многих случаях больше скорости в канале (до 5 м/с), поэтому поперечное сечение лотка меньше, чем канала.

Лоток в большинстве случаев устанавливают на грунт, который предварительно планируют и утрамбовывают. На подготовленное основание укладывают подготовку из гравия и гальки или крупнозернистого песка толщиной 0,2 м. При понижении рельефа лоток устанавливают на сваи или эстакады. Размеры лотков устанавливают гидравлическим расчетом: лотки имеют глубину от 0,4 до 1,0 м, длину звена 6 м, толщину стенок 4–6 см.

В рыбоводных хозяйствах подача воды в пруды может происходить и по трубопроводу. По материалу трубопроводы могут быть: металлическими, керамическими, бетонными, железобетонными и пластмассовыми. Основанием для труб служит песчаная, гравийная или грунтовощебеночная подушка. В том случае, если труба укладывается в плотных суглинках или глинах, то ее укладывают непосредственно на грунт. Сверху трубу покрывают гидроизоляцией.

Выбор типа трубопровода, его поперечного сечения, а также материала зависит от величины напора и расхода воды.

Средняя скорость воды в трубопроводе должна быть не менее 0,8–1 м/с, чтобы наносы в трубе не оседали.

## 6. СООРУЖЕНИЯ РЫБОСБОРНО-ОСУШИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

### 6.1. Рыбосборно-осушительная сеть

После завершения эксплуатационного периода воду из рыбоводных прудов спускают. В целях полного осушения ложа пруда, а также полного вылова рыбы, на ложе прудов прокладывают рыбосборно-осушительную сеть. Рыбосборно-осушительную сеть прокладывают таким образом, чтобы все пониженные места ложа полностью осушались и чтобы густота сети и ее расположение обеспечивали полный скат в сеть рыбы при облове пруда. Она состоит из: проводящей сети – центрального канала, который собирает воду из регулирующей сети и транспортирует ее к донному водоспуску; регулирующей сети, которую делают в виде канав. Регулирующая сеть осушает ложе пруда путем понижения уровня грунтовых вод до требуемой глубины, обеспечивая нормальный водно-воздушный режим и проходимость мелиоративных машин по ложу пруда, а также сбор рыбы и подвоз ее к донному водоспуску. Расстояние между каналами регулирующей сети зависит от вида грунтов, уклона ложа и составляет 50–80 м. Длина канала зависит от рельефа ложа и площади пруда.

Расположение рыбосборно-осушительной сети на плане определяется рельефом ложа пруда. При спокойном рельефе применяют следующие схемы сети (рис. 10):

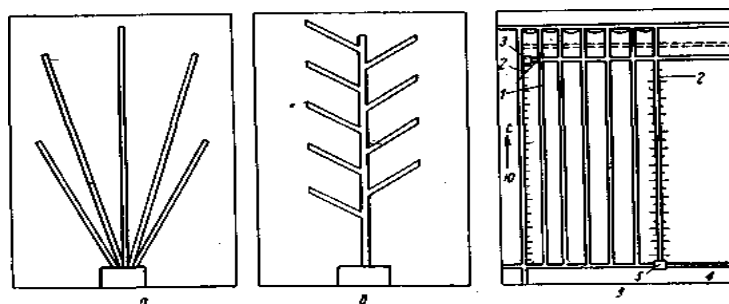


Рис. 10. Схемы расположения осушительной и рыбосборной сети каналов по ложу прудов:

*a* – лучевая; *b* – елочная; *v* – параллельная; 1 – осушительная сеть; 2 – дамбы; 3 – донный водоспуск; 4 – водоподающий канал; 5 – водовыпуск

- лучевую (без центрального канала) в прудах, имеющих одинаковое соотношение сторон;
- елочную (с центральным каналом) в небольших прудах, имеющих правильную форму;
- параллельную в прудах, у которых ширина больше длины;
- комбинированную при мелиорации ложа прудов произвольной формы и больших размеров.

При ровном рельефе местности со спокойным уклоном, без ям и понижений, расположение рыбосборно-осушительной сети делится лучевое или елочное (рис. 10 *a*, 10, *b*). При выборе того или иного расположения каналов учитывается целесообразность их расположения в зависимости от облова рыбы и полной осушаемости ложа.

В схемах лучевого и елочного расположения каналов посередине пруда проходит центральный канал почти перпендикулярно горизонталям. К центральному каналу со всех пониженных мест подводят воду боковые каналы-ответвления, центральный канал имеет уклон 0,002–0,003.

При елочном расположении боковые каналы подводят к центральному под углом 45–60° и делают их на расстоянии 40–50 м один от другого.

При наличии в прудах понижений, заболоченных мест, отдельных ям, староречий схема расположения осушительных каналов усложняется.

Дно центральных каналов выводят на отметку порога донного водоспуска, а отметку порога устанавливают из расчета полного стока воды пруда из самых пониженных мест. Гидравлический расчет каналов сети не производится, а размеры поперечного сечения рыбоборно-осушительной сети зависят от категории пруда и определяются по табл. 13.

Таблица 13 – Размеры поперечного сечения каналов в прудах

Пруды	Глубина каналов, м	Ширина по дну, м	Коэффициент заложения откоса
Головные	1,0	0,5–1,0	В зависимости от грунтов
Зимовальные	0,5	0,3–0,4	1:1
Нерестовые	0,5	0,3	1:1–1:1,5
Мальковые	0,5	0,4	1:1–1:1,5
Маточные	0,5	0,4	1:1
Выростные	0,7	0,4–0,6	1:1–1:1,5
Нагульные	1,0	0,5–1,0	1:1,5

## 6.2. Рыбоуловители выростных и нагульных прудов

Рыбоуловитель представляет собой ряд гидротехнических сооружений, предназначенных для концентрации, кратковременного хранения и вылова выращенной в нагульных и выростных прудах рыбы.

К гидротехническим сооружениям рыбоуловителя относятся перегораживающее сооружение на сбросном канале с рыбозаградительными решетками, водовыпуск в рыбоуловитель, бассейн (камера) рыбоуловителя, водоспуск из рыбоуловителя. Его строят ниже донного водоспуска выростных и нагульных прудов (рис.11).

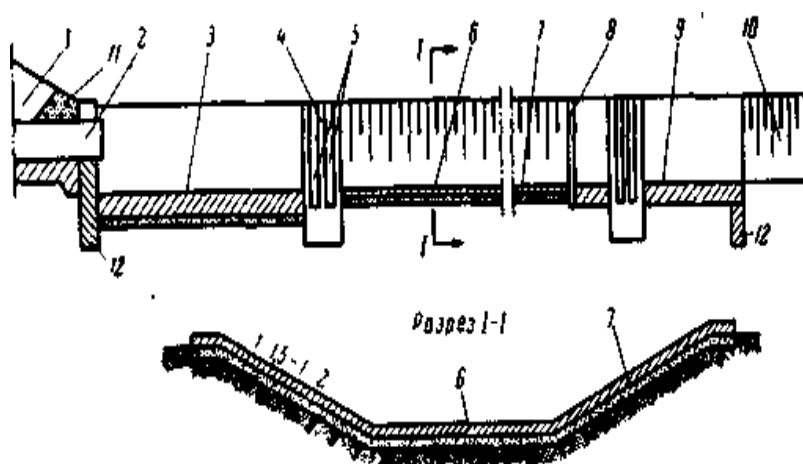


Рис. 11. Железобетонный рыбоуловитель для нагульных и выростных прудов:  
1 – дамба пруда; 2 – донный водоспуск; 3 – свободный колодец; 4 – щитовая стенка; 5 – пазы для щитов и решеток; 6 – железобетонный рыбоуловитель; 7 – гравийная подготовка; 8 – температурные швы; 9 – крепление сбросного канала железобетонными плитами; 10 – земляной сбросной канал; 11 – обратный фильтр; 12 – бетонный зуб

К рыбоуловителю относится также площадка для размещения механизмов и оборудования для облова, сортировки, взвешивания и погрузки рыбы, а также оборудование и сооружения, обеспечивающие водообмен и аэрацию. Дно рыбоуловителя располагают на 0,8–1,2 м ниже донного водоспуска. Дно рыбоуловителя укрепляют бетонными или железобетонными плитами, откосы засевают травой, одерновывают или крепят бетонными плитами. Материал для крепления дна и откосов рыбоуловителя выбирают на основании геологических условий, наличия местного строительного материала и размеров рыбоуловителя. В начале и конце рыбоуловителя располагают бетонные стенки с пазами для решеток и шандор.

Размеры камеры рыбоуловителя выбираются исходя из количества и площади прудов, количества рыбы, поступающей в рыбоуловитель, а также от продолжительности хранения ее в рыбоуловителе. При нахождении рыбы в камере рыбоуловителя меньше 1 месяца отношение массы рыбы к объему воды составляет 1:4 или 1:5, если более 1 месяца, то соотношение составляет 1:7 или 1:10.

Камеру рыбоуловителя выполняют в виде канала трапециевидного поперечного сечения с уклоном откосов 1:2 и шириной по дну от 7 до 14 м. Отношение ширины к длине 1:5–1:8 с заложением откосов 1:1 или 1:1,5. Глубина рыбоуловителя зависит от разности отметок порога донного водоспуска и водоприемника и принимается порядка 1 м.

Размеры камеры рыбоуловителя зависят от площади пруда и количества находящейся в пруду рыбы и могут быть взяты из табл. 14.

Таблица 14 –Размеры камер рыбоуловителей для нагульных прудов

Площадь пруда, га	Общий вылов рыбы, т	Объем рыбоуловителя, м <sup>3</sup>	Размеры камеры, м		
			ширина по дну	длина	глубина
50	600	300	7	35	1
100	1200	600	8	50	1
250	2500	1200	10	110	1
500	4000	2000	14	150	1

### 6.3. Расчет рыбоуловителя

Объем рыбоуловителя определяется, исходя из срока хранения рыбы. Принимаем время хранения рыбы в рыбоуловителе 1 месяц, поэтому отношение массы рыбы к объему воды в рыбоуловителе будет равно 1:5, то есть на 1 килограмм рыбы необходимо 5 литров воды. Плановая мощность товарной рыбы в рыбхозе составляет 60 тонн.

Объем рыбоуловителя будет равен

$$V = 60 \cdot 5 = 300 \text{ м}^3.$$

Принимаем рыбоуловитель со следующими размерами:

ширина по дну  $v = 8 \text{ м}$ ;

глубина воды в рыбоуловителе  $h = 1 \text{ м}$ ;

поперечное сечение рыбоуловителя – трапеция.

2. Площадь живого сечения камеры рыбоуловителя определяем по формуле

$$w = (v + m \cdot h) \cdot h = (8 + 1,5 \cdot 1) \cdot 1 = 9,5 \text{ м}^2.$$

3. Длину рыбоуловителя определяется следующим образом:

$$L = \frac{V}{w} = \frac{600}{9,5} = 63 \text{ м},$$

где  $V$  – объем рыбоуловителя, м<sup>3</sup>;

$w$  – площадь живого сечения, м<sup>2</sup>.

### 6.4. Донный водоспуск

Донные водоспуски служат для полного сброса воды из прудов и регулирования уровня воды в них, а также для перепуска рыбы из пруда в рыбоуловители. Донные водоспуски размещаются в самых глубоких местах водоема и располагаются в дамбах и плотинах.

Порог донного водоспуска должен располагаться таким образом, чтобы обеспечить полный сброс воды со всех пониженных точек пруда, а также сброс воды из сборно-осушительных каналов.

Основными частями донного водоспуска являются: входная часть, вертикальная башня, водопроводящая и выходная части, служебный мостик (рис.12). В рыбоводных хозяйствах применяются два типа донных водоспусков: с одним рядом и с

двумя рядами щитков.

В водоспуске с одним рядом щитков вода, переливаясь через верхний щиток, попадает в горизонтальную трубу и по ней выливается из пруда. Так как в передней стенке стояка щитки расположены один над другим, то убирая их последовательно можно спустить всю воду из пруда.

Стояк – прямоугольная бетонная башня без передней стенки, устанавливается на бетонный фундамент. В стенки стояка заделываются щитки (шандоры) и решетка. При такой конструкции стояка можно сбрасывать как поверхностные слои воды, так и придонные.

Лежак представляет собой стальную трубу, которая укладывается на слой бетона.

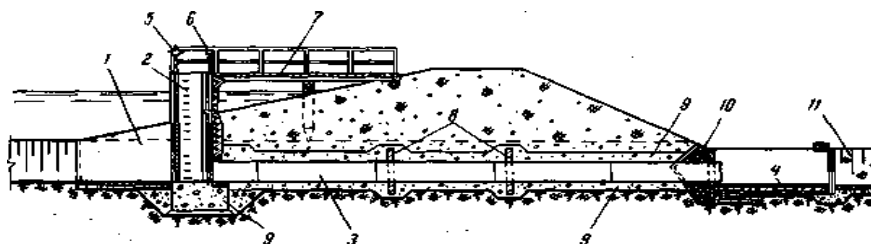


Рис. 12. Железобетонный (монолитный) донный водоспуск для напоров 5 м:

- 1– входной оголовок; 2– башня; 3– трубопровод; 4– водобойный колодец;  
5– ворот для шандоры решеток; 6– винтовой подъемник; 7– служебный мостик; 8– железобетонные диафрагмы; 9– суглинок уплотненный или бетонная подготовка; 10– обратный фильтр; 11– рисберма

Донные водоспуски делают из бетона, монолитного или сборного железобетона, водопроводящую часть выполняют из асбестоцементных, металлических и железобетонных труб. Размеры отдельных частей сооружения назначают в зависимости от того, какой расход воды должен быть пропущен через сооружение, в какое время и при каком напоре. Так как каждый пруд определенной категории отличается площадью, глубиной и сроками наполнения и сброса воды, то размеры донного водоспуска зависят от категории пруда, на котором его устанавливают. Глубина воды на пороге сооружения и основные размеры донных водоспусков в зависимости от категорий рыбоводных прудов приведены в табл. 15.

Таблица 15 – Основные размеры донных водоспусков для различных категорий рыбоводных прудов

Категории прудов	Глубина, м	Диаметр трубы, см	Внутренние размеры башни, см	
			длина	ширина
Нерестовые	1,0–4,5	20	60–70	40
Выростные, зимовальные, маточные, пойменные нагульные пруды (до 50 га)	1,0–3,0	30–40	70–80	50–70
Головные нагульные русловые и пойменные	3,0–5,0	От 50 и более	70–80	70–100

В связи с эксплуатацией донных водоспусков в рыбоводных хозяйствах установлено, что даже при диаметре труб водоспуска до 1 м спуск нагульных прудов площадью 100 га и более происходит длительное время (до 1 месяца). Для уменьшения

сроков спуска воды в нагульных прудах, имеющих значительные площади, проектными институтами разработаны типовые проекты открытых и трубчатых водоспусков с большими отверстиями. Применение таких водоспусков позволяет значительно сократить сроки спуска воды из нагульных прудов. В табл. 16 приведена пропускная способность открытых и закрытых водоспусков в зависимости от глубины воды в верхнем бьефе и размеров пропускных отверстий.

Таблица 16 – Пропускная способность открытых и закрытых водоспусков в зависимости от глубины воды в верхнем бьефе и размеров пропускных отверстий

Глубина воды в верхнем бьефе, м	Водоспуски			
	закрытые		открытые	
	донные	трубчатые	сечение отверстия, м	расход воды, м <sup>3</sup> /с
	диаметр трубы, м	расход воды, м <sup>3</sup> /с		
3	0,6	1,6	1,2×0,9	4,2
4	0,9	4,1	1,2×0,9	4,9
5	1,0	5,6	1,3×1,8	12,8
6	1,7	13,6	1,3×1,8	13,9
7	1,7	15,0	1,3×1,8	15,8

### 6.5. Рыбозаградительные устройства

Для предотвращения ухода рыбы из рыбоводных прудов применяют рыбозаградительные устройства. Рыбозаградительные устройства подразделяют на следующие группы:

1) механические заграждения – препятствия на пути движения рыб. К этой группе относятся простейшие заграждения (плетни, решетки, фильтры из различных материалов), фильтрующие водозаборы; сетчатые заграждения (плоские сетки, плоские сетки с рыбоотводами и сетчатые барабаны);

2) гидравлические заграждения – струенаправляющие устройства, с помощью которых в водотоках создаются гидравлические условия для направления движения рыб у гидротехнических сооружений (запони и отбойные козырьки);

3) «физиологические» заграждения – устройства, задерживающие рыбу путем создания в воде электрических полей и завес из воздушных пузырьков.

Решетчатые и сетчатые заграждения устанавливают на основном канале рыбо-сборно-осушительной системы нагульных прудов при значительной протяженности канала и постоянном токе воды в период облова. Располагают их поперек основного канала для концентрации рыбы на отдельных ее участках. Они являются затапливаемыми сооружениями со съёмными решетками.

Решетка представляет собой деревянную или металлическую рамку высотой 30–50 см. Рамку обтягивают сеткой или делают в ней горизонтальную или вертикальную решетку. Величина просветов в сетке или между прутьями решетки зависит от категории пруда.

В нерестовых прудах отверстия в сетке равны 1 мм, в нагульных прудах просветы между прутьями равны 1 см.

Сетчатое заграждение применяют во всех летних прудах. Устраивают сетчатые заграждения в прудах с глубиной 1,0–3,0 м перед стояком донного водоспуска. Для напора воды 1,0 и 1,5 м сетчатое сооружение в плане имеет вид четырехугольника

– размер сетки с рамкой 76×60 см. Для напора 2,0 и 2,5 м сетчатое сооружение в плане имеет вид шестигранника – размер сетки 106×60 см.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Брудастова, М.А. Рыбохозяйственная гидротехника: учебник / М.А. Брудастова. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 383 с.
2. Герасимов, Ю.Л. Основы рыбного хозяйства: учеб.пособие / Ю. Л. Герасимов. – Самара: Самарский университет, 2003. – 108 с.
3. Гидротехнические сооружения комплексных гидроузлов: учеб.пособие / П.М. Богославчик [и др.]; под ред. Г. Г. Круглова. – Минск: БНТУ, 2006. – 585 с.
4. Ларьков, В.М. Гидротехнические сооружения и рыбоводные пруды: учеб.пособие / В.М. Ларьков. – Горки: БГСХА, 2000. – 192 с.
5. Нестеров, М.В. Гидротехнические сооружения: учеб.пособие / М. В. Нестеров. – Минск: Новое знание, 2006. – 616 с.
6. Нестеров, М.В. Грунтовые плотины / М.В. Нестеров. – Горки, 2000. – 208 с.
7. Нестеров, М.В. Гидротехнические сооружения и рыбоводные пруды / М.В. Нестеров, Т.Н. Ткачева, И.М. Нестерова, А.М. Кузьминов; – Горки. БГСХА, 2012.– 160 с.
8. Орлова, З.П. Рыбохозяйственная гидротехника: учебник / З.П. Орлова. – Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 279 с.
9. Практикум по прудовому рыбоводству: учебник / В.Г. Саковская, З.П. Ворошила, В.С. Сыров [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 174 с.
10. Привезенцев, Ю.А. Практикум по прудовому рыбоводству: учеб.пособие для зооинженерных факультетов с.-х. вузов / Ю.А. Привезенцев. – М.: Высш. шк., 1982. – 208 с.
11. Привезенцев, Ю.А. Методические указания к курсовому проектированию по прудовому рыбоводству / Ю.А. Привезенцев, С.А. Власов, З.С. Голубева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 72 с.
12. Привезенцев, Ю.А. Рыбоводство / Ю.А. Привезенцев, В.А. Власов. – М.: Мир, 2004. – 456 с.
13. Проектирование рыбоводных предприятий / Э.В. Гриневский [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 223 с.
14. Румянцев, И.С. Природоохранные сооружения / И.С. Румянцев, М. А. Попов. – М.: МГУП, 2001. – 338 с.
15. Рыбозащитные сооружения и устройства / под ред. В.С. Лапшенкова. – Новочеркасск, 1989. – 204 с.
16. Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству: в 2 т. – М.: Агропромиздат, 1986. – Т. 1. – 260 с.
17. СТБ 943–2007. Грунты. Классификация. Госстандарт. Минск, 2008. – 20 с.
18. ТКП 45-3.04-150–2009 (02250). Плотины из грунтовых материалов. Строительные нормы проектирования. – Минск, 2009. – 80 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	3
1. Природные условия и характеристика рыбного хозяйства	4
2. Рыбоводно-биологическое обоснование	4
2.1. Расчет рыбоводной продукции прудов разных категорий	4
2.2. Определение площадей прудов разных категорий	6
2.3. Компоновка прудов на плане	8
2.4. Определение отметки уровня воды в прудахrazной категории	11
3. Гидротехническая часть	12
3.1. Выбор створа гидроузла	12
3.2. Определение уровней воды в головном пруду	13
3.3. Выбор типа плотины	15
3.4. Определение основных размеров профиля плотины	19
3.5. Фильтрационный расчет плотины	23
4. Водохозяйственный расчет	28
4.1. Определение количества воды для наполнения прудов	28
4.2. Определение количества воды для пропитки ложа прудов различных категорий	30
4.3. Определение количества воды, расходуемого на испарение с водной поверхности и фильтрацию из прудов	33
4.4. Расчет и построение графика водопотребления рыбхоза	35
5. Система водоснабжения рыбоводных прудов	37
5.1. Головной водозабор	37
5.2. Трассирование магистрального канала	39
5.3. Гидравлический расчет канала	40
5.4. Водовыпуски	42
6. Сооружения рыбосборно-осушительной системы	43
6.1. Рыбосборно-осушительная сеть	43
6.2. Рыбоуловители выростных и нагульных прудов	45
6.3. Расчет рыбоуловителя	46
6.4. Донный водоспуск	47
6.5. Рыбозаградительные устройства	49
Литература	51