



КГЭУ

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский государственный энергетический университет»**

**М. Л. КАЛАЙДА, С. Д. БОРИСОВА**

## **РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ГИДРОТЕХНИКА**

Учебное пособие

**Казань  
2021**

УДК 626.88  
ББК 40.6  
К17

*Рецензенты:*

канд. биол. наук, зав. отделом Татарского отделения ФГНУ «ГосНИОРХ»

*О. К. Анохина;*

канд. биол. наук, доцент КГЭУ *Л. К. Говоркова*

**Калайда, Марина Львовна**

К17 Рыбохозяйственная гидротехника: учебное пособие / М. Л. Калайда, С. Д. Борисова. – Казань : КГЭУ, 2021. – 90 с.

В учебном пособии приведены основные положения дисциплины «Рыбохозяйственная гидротехника».

Предназначено для студентов технических вузов, обучающихся по образовательной программе направления подготовки 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура, направленность (профиль) «Аквакультура», а также может быть полезным для студентов других направлений и специальностей при изучении основ проектирования гидротехнических сооружений и может служить справочным материалом при самостоятельной подготовке студентов вечерней и заочной форм обучения.

УДК 626.88

ББК 40.6

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
Глава 1. Гидротехника и рыборазведение. Техническое обоснование рыбохозяйственного строительства .....	5
Глава 2. Водосбросные сооружения .....	10
Глава 3. Водоподводящие сооружения .....	19
Глава 4. Водовыпускные сооружения .....	27
Глава 5. Рыбозаградительные, рыбозащитные и рыбопропускные сооружения .....	40
Глава 6. Гидротехнические сооружения прудовых рыбоводных хозяйств .	50
Глава 7. Гидротехнические сооружения рыбоводных заводов .....	56
Глава 8. Эксплуатация гидросооружений .....	81
Библиографический список .....	89

## ВВЕДЕНИЕ

Рыбоводные пруды образованы с помощью разнообразных гидротехнических сооружений, от правильности устройства и эксплуатации которых во многом зависит выполнение всего технологического процесса производства рыбной продукции в прудовом хозяйстве. Устройство и эксплуатация гидротехнических сооружений – составные части инженерной науки – гидротехники. Будучи инженерной наукой, она базируется на данных таких наук, как геодезия, геология, гидрогеология, гидравлика, сопротивление материалов, строительная механика, инженерные конструкции, строительное производство.

В отличие от общей гидротехники, рыбохозяйственная гидротехника подчинена задачам рыборазведения. В связи этим все гидротехнические сооружения выполняют определенную роль в технологическом процессе выращивания рыбы в хозяйстве. Это обуславливает необходимость вооружения рыбоводов знаниями основ рыбохозяйственной гидротехники.

Основная цель издания учебного пособия – способствовать формированию у студентов широкого кругозора относительно конструкций гидротехнических сооружений рыбохозяйственного назначения, строительства и эксплуатации гидросооружений, технического обоснования рыбохозяйственного строительства.

Изучение материала данного учебного пособия направлено на формирование у студентов способности к проектированию рыбоводных заводов, нерестово-выростных и рыбоводных хозяйств по выращиванию товарной рыбы; готовности использовать методологию проектирования предприятий аквакультуры, обосновывать выбор типа гидротехнического сооружения, размещать и выполнять привязку его к региональным условиям; приобретать знания типов и конструкций гидротехнических сооружений, применяемых в рыбоводстве, технической эксплуатации гидротехнических сооружений, технического обоснования рыбохозяйственного строительства, работ и материалов, применяемых при строительстве гидротехнических сооружений, достижений науки и техники, передового и зарубежного опыта в рыбохозяйственной гидротехнике.

## **ГЛАВА 1. ГИДРОТЕХНИКА И РЫБОРАЗВЕДЕНИЕ. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

В жизни и хозяйственной деятельности человека огромное значение имеет вода. Трудно, да, пожалуй, и невозможно найти какую-либо отрасль хозяйственной деятельности человека, где вода не находила бы применение. Она нужна для получения продукции промышленности, изготовления предметов потребления, бытовых нужд человека. Используется она для орошения земель, водоснабжения населения, водного транспорта, получения электроэнергии, рыбного хозяйства.

Применение воды связано с возведением различного рода сооружений, так как в большинстве случаев не представляется возможным использовать водоисточник без поднятия, например, уровня в нем воды, распределения водного потока по потребителям и т.д. Для получения электроэнергии создают водохранилища, обеспечение водой прудов рыбопитомника требует создания головного пруда и сети водоподводящих каналов. Выполнение этих задач связано с устройством определенного рода сооружений, которые называют гидротехническими.

Наука, изучающая эти сооружения, устанавливающая методы их проектирования и разрабатывающая приемы их постройки, называется *гидротехникой*. Организацию и выполнение строительства различных гидротехнических сооружений в соответствии с выбранной задачей называют гидротехническим строительством. Оно осуществляется в различных сферах деятельности человека, в связи с чем в гидротехнике существует такое понятие, как водное хозяйство. Под водным хозяйством понимают совокупность мероприятий, направленных на комплексное использование различных водоемов.

В нашей стране комплексное применение водоемов впервые было отражено в 1920 г. в известном плане ГОЭЛРО, где отмечено, что использование водной энергии не может рассматриваться изолированно от других водохозяйственных потребностей, например, судоходства, орошения, рыбного хозяйства. При комплексном применении водных ресурсов достигают наиболее эффективных результатов. Эта идея комплексного подхода к использованию водных ресурсов осуществляется в настоящее время в каждом конкретном случае ведения водного хозяйства на определенном водоеме.

Примером комплексного использования воды может служить Новосибирское водохранилище. Оно было построено с целью получения электроэнергии, регулирования весеннего стока реки Оби, улучшения

водоснабжения таких городов, как Бердск, Искитим и их растущих предприятий, а также нормализации условий судоходства в верховьях Оби, развития рыбного хозяйства и орошения засушливых районов Новосибирской области. Планировалось использовать водохранилище в качестве регулятора водного стока в проектируемых нижележащих водохранилищах на реке Оби.

Водное хозяйство имеет свои отрасли, в каждой из которых **гидротехнические сооружения** своеобразно устроены и **выполняют задачи**, подчиненные целям данной отрасли.

*1. Использование водной энергии.* В этой отрасли гидросооружения предназначены для поднятия уровня воды в водоисточнике с целью выработки электроэнергии или для приведения в действие других гидросиловых установок, например мельниц.

*2. Мелиорация.* В этой отрасли гидросооружения служат для орошения сельскохозяйственных угодий (насосные станции, трубопроводы, плотины на водоисточнике), защиты от вредного воздействия воды (затопление, подтопление), борьбы с оползнями, оврагами, уничтожения очагов выплода малярийных комаров.

*3. Водный транспорт* (устройство каналов, гаваней, портов, дноуглубительные работы, сооружение шлюзов).

*4. Обводнение и водоснабжение сельскохозяйственных построек, сел, ферм* (трубопроводы, насосы и др.).

*5. Водоснабжение и канализация городов, поселков, промышленных предприятий.* В этой отрасли применяют гидросооружения для очистки воды и бытовых стоков, различного рода трубопроводы, фильтры и др.

*6. Гидротехника рыбного хозяйства* (устройство прудов, рыбоходов, рыбоподъемников, искусственных нерестилищ, обводнение рыбопромысловых озер, мелиоративные работы на рыбохозяйственных водоемах).

Как инженерная наука **гидротехника связана с рядом других технических наук.**

*1. Гидрология.* Наука, изучающая режим и деятельность воды на поверхности земли (скорость течения, движение водных струй в потоке и др.) Она нужна гидротехнике для оценки водного стока, горизонтов и расходов рек их русловых процессов. При возведении плотин проводят расчеты расхода воды в различные сезоны года и другие исследования.

*2. Гидравлика.* Эта наука изучает движение воды через различные сбросные сооружения; процессы, протекающие в плотинах при заполнении построенного водоема. Она помогает правильно рассчитать размеры плотины, водосборных и водовыпускных сооружений, рыбоходов и др.

3. *Геодезия*. Изучает поверхность земли. Она помогает правильно выбрать участок для строительства рыбоводного хозяйства, целесообразно расположить необходимые гидросооружения, контролировать ход их строительства.

4. *Геология*. Изучает строение земной коры и, в частности, характер грунтов на участке строительства рыбоводного объекта (оценка механического состава грунтов, пригодность их для создания водоема, водопроницаемость и др.).

5. *Гидрология*. Изучает глубину залегания грунтовых вод, их качество и движение, физико-химический состав.

6. *Сопротивление материалов*. Знание основ этой науки позволяет правильно выбрать необходимые материалы для возведения того или иного гидротехнического сооружения.

7. *Строительная механика*. Позволяет выбрать наиболее экономичные механизмы для строительства различных гидротехнических сооружений.

8. *Инженерные конструкции*. Гидротехнические сооружения возводят с учетом экономических профилей плотины, которые проверяются расчетами. Некоторые сооружения могут быть возведены из готовых конструкций.

9. *Строительное производство*. Здесь учитывают способы производства работ по строительству гидросооружений, их сроки.

Гидротехнические сооружения возводились для орошения земель, снабжения населения водой, использования водной энергии задолго до новой эры. В Древнем Китае сооружались пруды, в странах Востока применяли орошение сельскохозяйственных угодий, в Древнем Риме строили акведуки, искусственные водоемы для рыбозаведения.

Первая каменная плотина, о которой дошли до нас сведения, была построена в Египте за 4 тыс. лет до н.э. Регулирование р. Тигра и Евфрата проводили за 500 лет до н.э.

Наиболее древним видом транспорта в России считается водный. Сведения о знаменитом пути «из Варяг в Греки» восходят к началу образования нашего государства. Этот путь протянулся на громадные расстояния с севера на юг, соединяя через «волоки» Балтийское море с Черным. «Волоки» и были зачатками первых гидросооружений на Руси.

О первых настоящих гидросооружениях (водяные мельницы) на Руси упоминают в памятниках письменности XIII в. В них же сообщается и о строительстве прудов и заградений на реках для рыбного промысла. Первые пруды были построены в Троицко-Сергиевской лавре.

В документах XIV–XVI вв. упоминание о постройке плотин, прудов, мельниц становится все более частым. Так, в XVI в. при Борисе Годунове в Царицыне был построен пруд площадью 80 га при максимальной глубине 18 м. Он существует и поныне и называется Борисовским.

О сооружениях водоснабжения впервые упоминается в XII в. В это время в Новгороде был построен деревянный водопровод. В XV в. в Москве для снабжения водой Кремля был построен свинцовый самотечный водопровод. Он был одним из первых в столицах Европы. В 1633 г. он был переделан в напорный и давал 4 тыс. ведер в сутки.

Расцвет гидростроительства падает на XVII в. В это время строятся бумажные, металлургические, стекольные, пороховые, лесопильные заводы. Их станки приводила в действие падающая вода из специально построенных прудов. Для создания прудов использовали земляные и деревянные плотины. К середине XVIII в. на Урале было построено 150 заводов, и все они имели гидросиловые установки. Некоторые пруды на Урале сохранились по настоящее время. Построенная в 1787 г. гидротехником К.Д. Фроловым подъемная гидросиловая установка на Змеиногорском руднике на Алтае для подъема воды и руды из шахты и пилки леса имела земляную плотину высотой 18 м.

В конце XVIII – начале XIX в. в России создан ряд искусственных водных путей: старейшая Вышневолоцкая судоходная система, Мариинская водная система. Общая длина этих водных путей более 2200 км со 115 шлюзами. В конце XIX – начале XX в. было проведено осушение Барабинской степи на площади 1,3 млн га. Остатки осушительных сооружений можно увидеть в Куйбышевском и Венгеровском районах Новосибирской области.

Расцвет гидростроительства в России падает на XX в.

В это время были построены десятки гидроэлектростанций, такие как Рыбинская, Ивановская, Валховская, Угличская, ряд гидроэлектростанций на Волге, Оби, Енисее.

Построено множество прудов общей площадью более 200 тыс. га. Среди них такие крупные прудовые хозяйства, как Новочеркасское (3600 га), Сусканское нерестово-выростное (7000 га), Сулинское (5000 га), Казанское озерное (5962 га). Построен ряд садковых и бассейновых хозяйств на сбросных теплых водах ТЭЦ, ГРЭС. Проведена мелиоративная работа на озерах Ладожское, Чудское, Онежское, Ильменское, Чаны, Убинское, Сартлан и др.

Возведение гидротехнических сооружений, особенно крупных – ответственное дело. Находясь в соприкосновении с водой, они выдерживают большие нагрузки, до 70 т на 1 м погонной длины. Наносы и лед усиливают



это давление. Разрушение плотин и сопряженных с ними сооружений вызывает большие катастрофы. Например, в 1884 г. в Пенсильвании (США) разрушилась земляная плотина Джонстаун высотой 23 м вследствие перелива воды через гребень. Вода вылилась из водохранилища за 45 минут. Высота волны составляла 10–12 м. Погибло около 2 тыс. человек. В 1923 г. в Северной Италии разрушилась арочная железобетонная плотина высотой 56 м. Высота волны достигла 30 м.

В результате небрежного строительства гидросооружений в прудовых хозяйствах наблюдается их разрушение. Так, в 1967 г. в Битковском совхозе Новосибирской области ушла вода из зимовального пруда, и вся рыба погибла. В 1970 г. в Кемеровском рыбхозе Кемеровской области вода пошла вдоль трубы донного водоема летне-маточного пруда, и рыба оказалась на его дне. Хозяйства потерпели материальные убытки.

Почти все гидротехнические сооружения, как крупные, так и небольшие, вызывают изменения не только окружающей территории, но и мест, довольно далеко лежащих от них. Повышается залегание грунтовых вод, заболачиваются вершины водоемов и т.д. В связи с этим все гидротехнические сооружения возводят согласно инструкциям по разработке проектов и смет для промышленного строительства и соответствующим главам строительных норм и правил (СНИП).

Рыбоводные хозяйства делят на прудовые, на естественных водоемах и на сбросных теплых водах (индустриальные). В каждом виде хозяйств рыбохозяйственная гидротехника решает свои определенные задачи [1; 6; 8].

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение понятию «гидротехника».
2. Что такое водное хозяйство?
3. Перечислите основные отрасли водного хозяйства.
4. Какие задачи решает гидротехника в прудовых хозяйствах, на естественных водоемах, в индустриальных хозяйствах?
5. Перечислите основные гидросооружения, применяемые в рыбоводных хозяйствах.

## ГЛАВА 2. ВОДОСБРОСНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Головные и нагульные пруды зачастую не вмещают всю воду, поступающую с водосборной площади в период паводка и ливневых дождей. Поэтому возникает необходимость устраивать специальные водосбросные сооружения. Пропускную способность водосбросов рассчитывают таким образом, чтобы горизонт воды в верхнем бьефе не поднимался до отметки гребня плотины. Для этого при проектировании изучают гидрологические условия водосборной площади. Размер отверстий водосбросов устанавливают гидравлическим расчетом для пропуска максимальных расходов в период паводка. Стоимость водосбросных сооружений составляет значительную часть общих капиталовложений при строительстве водоема. Поэтому при изыскании и проектировании рыбоводного пруда тщательно обосновывают место расположения водосброса и его конструкцию. Работа водосбросов при земляных плотинах может производиться как без повышения горизонта воды в водоеме, так и с некоторым увеличением. Вторым вариантом осуществляют с целью создания дополнительного запаса воды с учетом потерь на фильтрацию и испарение, в головных же прудах – для надлежащего водоснабжения прудов питомника во все сезоны года. Водосбросные сооружения подразделяют на водосбросы автоматического действия (естественные водоотходы, водосбросные каналы, открытые, шахтные и сифонные водосбросы), управляемые с затворами и комбинированные. Выбор рационального типа водосбросного сооружения зависит от ряда условий: величины расхода воды в период паводка, назначения водоема, состояния водоисточника после прохождения паводка, одиночного или каскадного расположения прудов, площади водоема.

### Водосбросы автоматического действия

**Естественный водообход** представляет собой понижение рельефа ниже гребня плотины. В качестве естественного водообхода используют естественные низины, староречья, суходольные балки, ручьи.

Такие водосбросы возможно применять, когда пойма реки очень широкая. Как правило, концевую часть водообхода крепят различными материалами для предотвращения размывного процесса. При устройстве естественного водообхода стремятся не повреждать дерн его ложа. Устраивают естественные водообходы при небольших расходах воды в период паводка, который к тому же длится непродолжительное время. Их используют и как вспомогательные водосбросы при других типах водосбросных сооружений.

Вначале сброс лишней воды из водоема идет через естественный водосброс, а затем через искусственное сооружение. Достоинство таких водосбросов в их дешевизне, а отрицательная сторона – опасность их размыва с образованием оврага [3].

**Водосбросные каналы.** При невозможности использования естественного водообхода строят искусственные водоотводящие каналы. Канал трассируют по береговому склону долины в обход плотины со сбросом воды в ту же балку, реку или ее приток, овраг, низину. Дно водосбросного канала в начальной его части закладывают на уровне постоянного горизонта воды в пруду. При этом проход паводковых вод происходит только при повышении в нем уровня воды. В зависимости от условий трассы каналов они могут быть выполнены по пяти основным схемам (рис. 2.1).

К этой схеме относят каналы с простейшими креплениями откосов; с быстротоком в концевой части; с многоступенчатым перепадом; с консольным сбросом; с несколькими сопрягающими сооружениями.

При проектировании и строительстве сбросных каналов придерживаются следующих условий:

1. Объем земляных работ должен быть наименьшим. Грунт выемки канала, если он годен, используют для насыпи его стенок.
2. Выход канала в нижний бьеф удаляют от плотины, чтобы паводковые воды не подмывали низовой ее откос.
3. Канал трассируют в стороне от плотины во избежание опасных явлений в случае промыва стенок канала.
4. Скорость течения по каналу не должна вести к размыву откосов.
5. Канал устраивают целиком в выемке. В крайнем случае, в полу-выемке-полунасыпи. Подсыпка грунта на дно канала недопустима.
6. Откосы канала делают устойчивыми против размыва.
7. С целью плавного и спокойного входа и выхода воды из канала начальную и концевую его часть делают в виде воронки. Ширина входной воронки превышает ширину канала по дну в 2,0–2,5 раза, а выходной воронки – в 2,5–3,0 раза.
8. Канал устраивают по возможности прямолинейным. В случае кривизны канала его радиус превосходит ширину в 5 раз. Откосы на закруглениях укрепляют.
9. Водосброс располагают на наиболее устойчивых к размыву грунтах.
10. При строительстве канала с сопрягающими сооружениями (быстроток, перепад, консоль) их размещают в концевой части или в местах резкого падения рельефа [6].

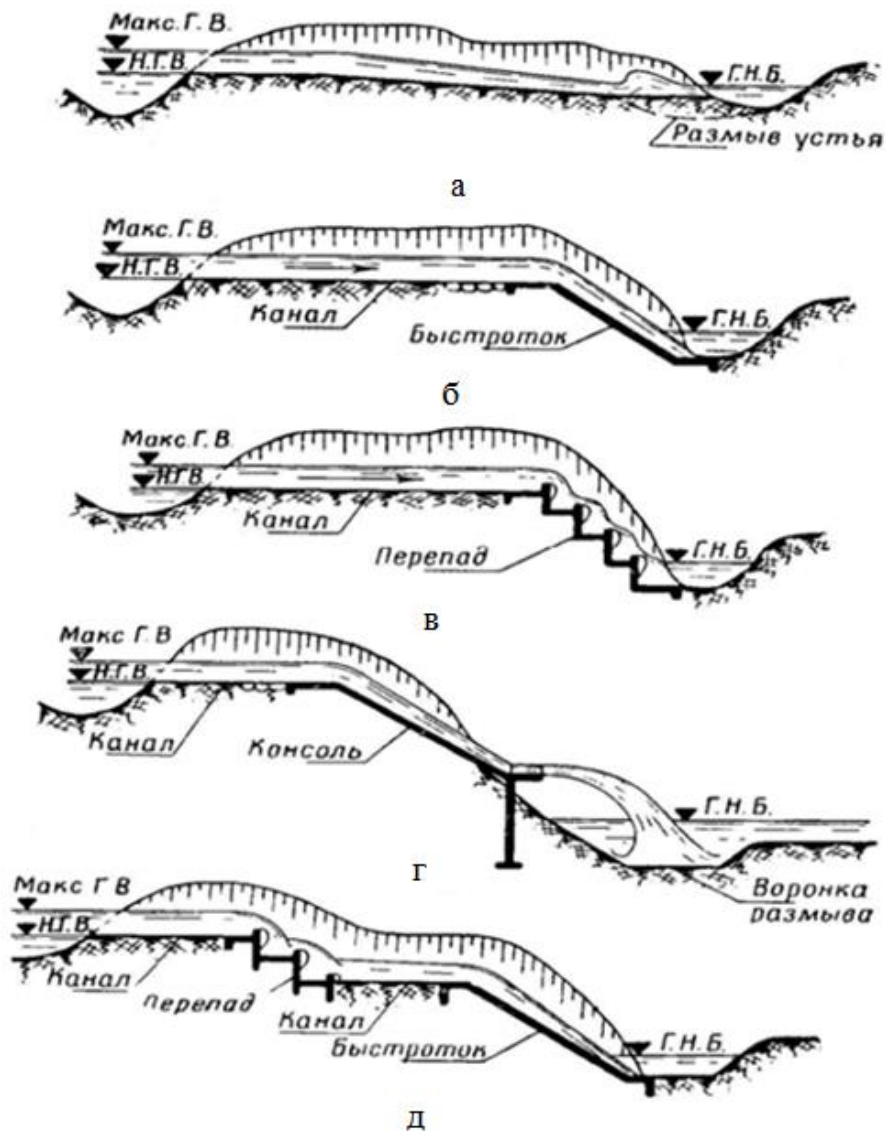


Рис. 2.1. Схемы искусственных водосбросных каналов:  
 а – канал с креплением русла; б – канал с быстротоком; в – канал с перепадом;  
 г – консольный сброс; д – перепад и быстроток

**Быстроток** устраивают в местах сосредоточенного, но плавного падения рельефа местности. Он представляет собой лоток из различного материала по ширине сбросного канала. Дно быстротока делают вогнутым, чтобы максимальные расходы воды проходили по его середине. Выход быстротока заканчивается водобойным сооружением в виде каменной наброски или железобетонных плит с водобойными стенками. Здесь скорость течения воды гасится, и она плавно поступает в отводящий канал или русло реки. Ширину быстротока определяют по формуле:

$$Q = 0,58 \cdot 0,1256 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2} = 0,44 \text{ м}^3,$$

где  $Q$  – расход воды через быстроток прямоугольного сечения,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $m$  – коэффициент расхода, равный  $0,36-0,40$ ;  $H$  – глубина воды в подводящем канале;  $g$  – ускорение силы тяжести –  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

Расход воды через быстроток прямоугольного сечения определяют по формуле

$$Q = h_H B_c \sqrt{RI},$$

где  $h_H$  – глубина воды в быстротоке,  $\text{м}$ ;  $B_c$  – ширина дна быстротока,  $\text{м}$ ;  $R$  – радиус быстротока,  $\text{м}$ ;  $I$  – уклон быстротока.

**Перепад** представляет собой одно- и многоступенчатый лоток из различного материала (рис. 2.2). Его устраивают при большом уклоне концевой части водосбросного канала, когда быстроток невозможен. Стенки и пол каждой ступени надежно соединяют с помощью шпунтового ряда с грунтом места расположения такого водосброса. Концевая часть водосброса имеет устройство для гашения скорости воды.

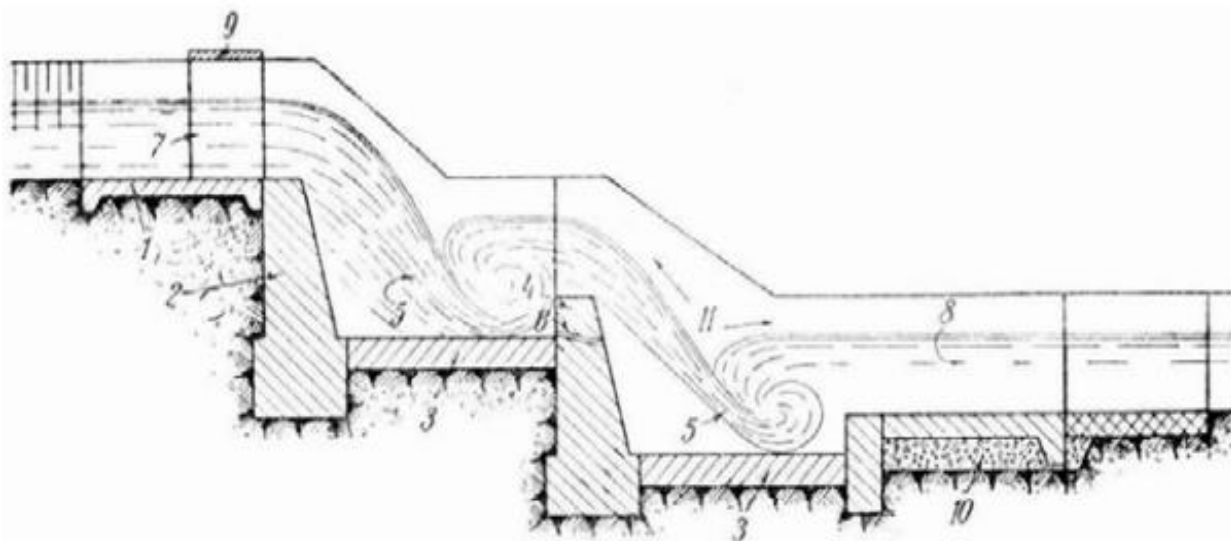


Рис. 2.2. Многоступенчатый перепад: 1 – понур; 2 – стенка падения; 3 – флютбет перепада; 4 – стенка водобойного колодца; 5 – водобойный колодец; 6 – сливное отверстие; 7 – вход; 8 – выход; 9 – служебный мостик; 10 – обратный фильтр; 11 – продольная стенка

Ширину перепада определяют по той же формуле, что и для быстротока.

**Консольный перепад** – это продолжение канала или быстротока в виде лотка. Его устраивают в месте резкого падения рельефа конца земляного канала (рис. 2.3).

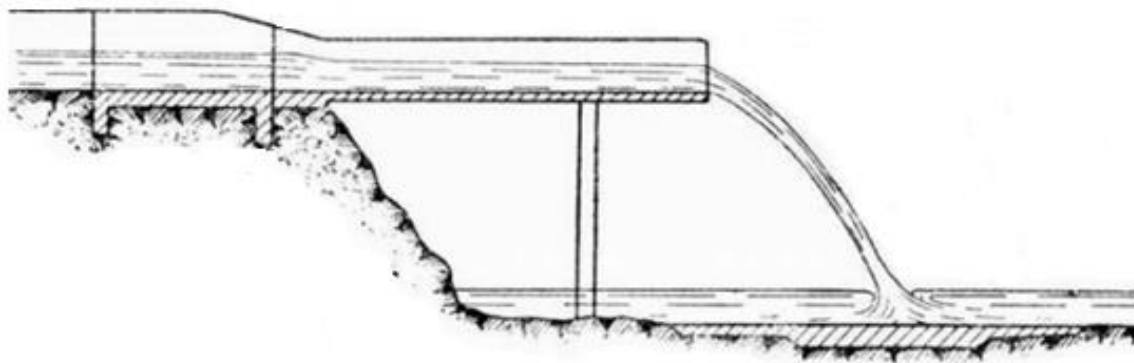


Рис. 2.3. Консольный перепад

Длина консоли обычно 2–4 м. При большей длине ставят дополнительные опоры. Строят консоли из дерева, железобетона. Падение воды из консоли вызывает образование воронки размыва. Для ее уменьшения и гашения скорости воды под падающий поток помещают железобетонные плиты. Расход воды и ширину консоли вычисляют так же, как и для быстротока [5].

**Открытые водосбросы** обычно устраивают в береговой части тела плотины в том случае, если долина реки, ручья имеет крутые берега и выемка под каналный водосброс получается очень глубокой и длинной. Устройство автоматических открытых водосбросов возможно в виде лотка или трубы большого диаметра. Основным преимуществом таких водосбросов в теле плотины является отсутствие водоподводящего канала. В результате отпадает необходимость очистки канала от наносов и устраняется опасность обрушения откосов.

В прудах небольшой площади и построенных на суходольных балках с небольшой площадью для водосброса достаточно положить трубу большого диаметра на уровне 56 постоянного горизонта воды. Труба заканчивается быстротоком с водобойным устройством. В больших прудах открытый водосброс автоматического действия устраивают в виде лотка из различного материала. Лоток тщательно соединен с грунтом шпунтовым рядом под полом и стоками. Особенно это важно для первых лет эксплуатации, когда происходит окончательная осадка плотины. Лотковый водосброс также заканчивается быстротоком. Для предупреждения размыва низового откоса от быстротока отводят канал.

Расход воды через трубчатые водосбросы определяют по формуле:

$$Q = \sigma \cdot m \cdot B \cdot H,$$

где  $\sigma$  – коэффициент затопления (примерно 0,97–0,99);  $m$  – коэффициент расхода (равный 1,86);  $B$  – периметр (окружность) трубы, м;  $H$  – напор воды над порогом водосбора, м.

Пропускную способность лотковых автоматических водосбросов рассчитывают по тем же формулам, что и для быстротока.

**Шахтный водосброс** состоит из вертикальной шахты квадратного или круглого сечения и горизонтальной трубы прямоугольного или круглого сечения и водобойного устройства. Верх шахты может быть защищен решеткой для задержки крупных предметов (бревен, большого кустарника, льда и др.), чтобы они не засорили водосброс. Верх шахты расположен на отметке нормального горизонта воды. Шахтные водосбросы строят из монолитного или сборного железобетона.

Пропускную способность шахтного водосброса определяют по формуле:

а) для шахты многоугольной:  $Q = m \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H^3}$  ;

б) для шахты круглой  $Q = m \cdot 2\pi \cdot R \cdot \sqrt{2g} \cdot \sqrt{H^3}$  ,

где  $m$  – коэффициент расхода шахты с плоским гребнем (примерно 0,4);

$R$  – радиус шахты, м;  $B$  – периметр шахты, м;  $g$  – ускорение силы тяжести ( $9,81 \text{ м/с}^2$ );  $\pi$  – постоянная величина (3,14);  $H$  – напор над порогом шахты, м.

Размер шахты и горизонтальной трубы зависит от расхода воды. Шахтный водосброс может быть совмещен с донным водоспуском. Для этого внизу шахты делают отверстие, перекрываемое щитом.

Сифонный водосброс – разновидность трубчатого напорного водосброса. Он состоит из металлической трубы с загибом ее в начальной части под нормальный подпорный уровень. На перегибе трубы устраивают для связи с атмосферой круглое отверстие. Отверстие находится на уровне нормального подпорного уровня воды в водоеме (рис. 2.4).

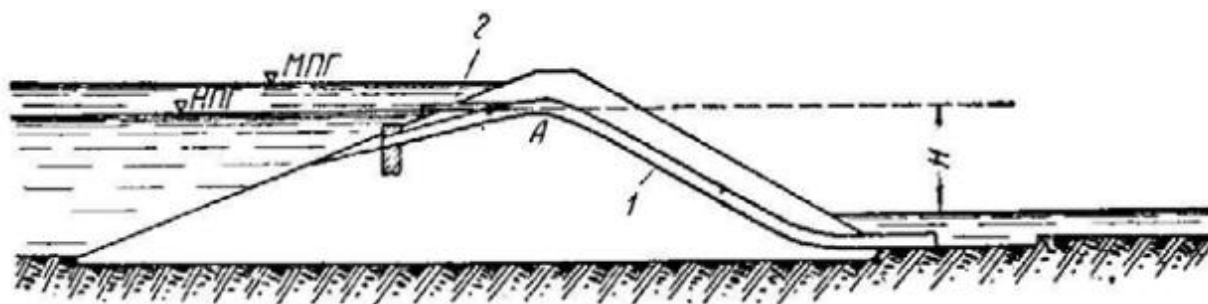


Рис. 2.4. Сифонный водосброс: 1 – труба сифона; 2 – воздушная трубка

Работает водосброс автоматически. При незначительном повышении воды выше нормального подпорного уровня (НПУ) он включается и работает как насос. При снижении воды до НПУ отверстие соединено с атмосферой и водосброс отключается. Пропускную способность сифонного водоспуска определяют по выражению:

$$Q = \mu \cdot \omega \cdot \sqrt{2g \cdot H_0},$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода сифона, равный 0,65–0,85;  $\omega$  – площадь поперечного сечения трубы сифона,  $\text{м}^2$ ;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $H_0$  – действующий напор, м:

$$H_0 = H + V^2 / 2g,$$

где  $H$  – напор, равный разности между превышением верхнего бьефа и центром выходного отверстия, м;  $V$  – скорость подхода воды в верхнем бьефе, м/с.

При  $V=0$  и  $H_1=H$  скорость прохождения воды через сифон достигает 8–10 м/с.

К положительным сторонам сифонного водосброса относятся:

1. Обладание большой пропускной способностью при сравнительно небольшом сечении трубы и небольшой ширине водосливного фронта.
2. Автоматическое и быстрое включение в работу при незначительном повышении уровня воды над НПУ (0,2–0,25 м).
3. Простота в эксплуатации.

В то же время у них имеются и недостатки:

1. Более сложная конструкция.
2. Закругление входного конца сифона затрудняет его осмотр.
3. Вибрация в период работы.
4. Возможность обмерзания и закупорки льдом.

### **Управляемые водосбросные сооружения с затворами**

Управляемые водосбросы предназначены для пропуска больших масс воды. Их строят в теле плотины, в русле и пойме реки. Порог водосброса располагают на насыпном грунте. Обычно такой водосброс строят из монолитного железобетона. Он состоит из основания (флютбет), устоев



и затворов. Применяют следующие типы затворов: шандоры, щиты и сегментные затворы. Шандоры используют при перекрытии пролетов не более 4 м при напоре не более 2 м. В устоях имеются пазы для опускания и поднятия шандор. Шандоры поднимают и опускают при помощи лебедки. Щиты представляют собой деревянные или металлические плоскости, регулирующие уровень воды в верхнем бьефе водоема, размеры которых зависят от ширины пролетов водосброса. Щиты поднимают и опускают с помощью специальных устройств. Сегментные затворы имеют дугообразный вид (рис. 2.5). Их изготавливают из металла. Такие затворы соприкасаются со стенками быков или устоев, по дуге которых нанесены уплотнители. Ими перекрывают пролеты в 5–10 м при напоре до 5 м. В движение затворы приводят при помощи подъемников.

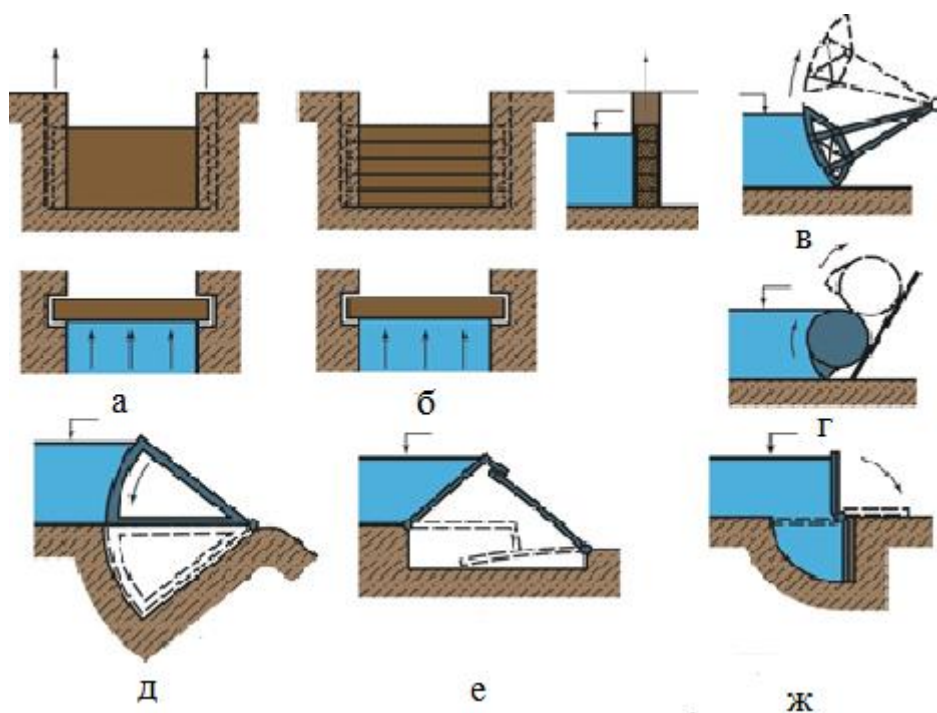


Рис. 2.5. Основные типы поверхностных затворов: а – плоский; б – шандорный; в – сегментный; г – вальцовый; д – секторный; е – крышевидный; ж – клапанный

### Комбинированный водосброс

Он сочетает управляемый водосброс с автоматическим или с донным водоспуском. Отверстия водосброса перекрывают затворами с винтовым подъемником, а трубу донного водоспуска со стороны верхнего бьефа – шандорным рядом. В некоторых конструкциях водосброс шахтного типа, трубу донного водоспуска перекрывают задвижкой, находящейся в шахте. Возможны и две шахты. Одна, ближняя к плотине, служит водосбросом,

удаленная – для задвижки донного водоспуска. Верхний ее край находится на отметке гребня плотины (рис. 2.6). При любом типе водосброса с гребня на него укладывают служебный мостик различного устройства. Такие водосбросы строят на русловых нагульных прудах. При осушении прудов вначале сбрасывают воду через водосброс, а затем – через донный водоспуск. Концевая часть такого водосброса выходит в рыбоуловитель. Устройство комбинированных водосбросов устраняет необходимость создавать два самостоятельных гидросооружения.

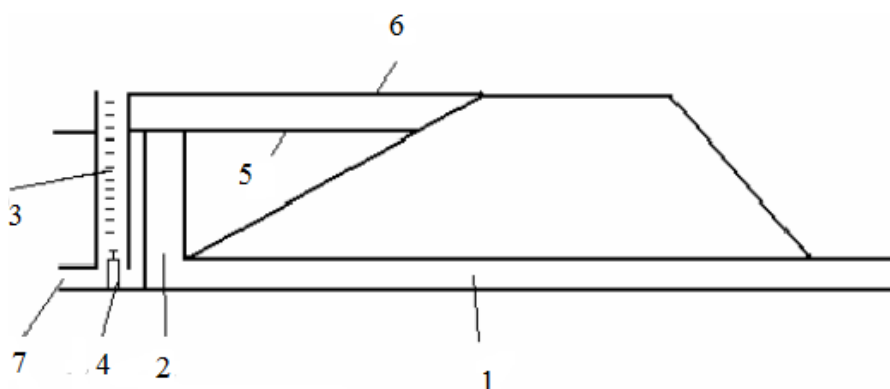


Рис. 2.6. Трубчатый совмещенный водосброс: 1 – труба водосброса; 2 – трубчатая шахта водосброса; 3 – стояк донного водоспуска с лестницей; 4 – задвижка; 5 – уровень воды по НПУ; 6 – служебный мостик; 7 – труба донного водоспуска

Перед каждым водосбросом устанавливают льдозащитную стенку. В основном это касается головных, нагульных прудов многолетнего наполнения или нагульных прудов периодического осушения. Она имеет чаще всего дугообразную форму, состоит из свай с пазами, в которые вставляют решетки. Решетки препятствуют уходу рыбы из пруда и подходу льдин к отверстиям водосбросов [1].

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение водосбросных сооружений?
2. Перечислите типы водосбросов.
3. Что собой представляет естественный водообход?
4. Что такое быстроток, перепад, консоль?
5. Какие Вы знаете виды искусственных водосбросов?

## ГЛАВА 3. ВОДОПОДВОДЯЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

К водоподводящим сооружениям относят водоподающие каналы, трубопроводы, лотки, головные водозаборные сооружения, сопрягающие сооружения, переходные сооружения, нагорные и ловчие каналы, фильтры.

### Водоподающие каналы

В прудовых хозяйствах водоснабжение прудов осуществляют по открытым земляным каналам и реже по трубопроводам. Водоподающие каналы делят на магистральные и ветви. В том случае, когда пруды располагают на одной стороне поймы водоисточника, магистральный канал один, а при расположении прудов по обеим сторонам поймы устраивают два магистральных канала. Вода из магистрального канала по боковым ветвям поступает в отдельные пруды хозяйства. Трассирование магистрального канала, т.е. нанесение его оси на топографический план с заданным уклоном, начинают, когда все пруды на нем обозначены и выбрана наиболее выгодная их компоновка. Трассирование начинают от самого дальнего пруда. Первую точку магистрального канала определяют путем нахождения превышения в 0,2 м над уровнем воды в дальнем пруде. Затем через каждые 100 м трассу канала поднимают на 0,2 м до плотины головного пруда. Магистральный канал должен начинаться в головном пруде на уровне нужного горизонта воды в нем. Если в водоисточнике расход воды обеспечивает нужды рыбхоза во все сезоны года, то магистральный канал начинается на уровне НПУ с учетом глубины воды в канале. В том случае, когда водоисточник мелеет или совсем пересыхает, начало магистрального канала назначают на таком уровне, чтобы объем воды выше уровня обеспечивал нормальную работу прудов до следующего паводка, т. е. поднимают 64 уровень воды в головном пруде выше отметки водозабора в магистральный канал. Водоснабжение прудов бывает чаще самотечным и реже механическим. При самотечном водоснабжении вода из головного водоема поступает в магистральный канал вследствие разности уровней в них воды. Далее вода движется по уклону дна канала в пруды разных категорий. При механическом водоснабжении воду из водоисточника при помощи насосной станции подают в магистральный канал, а дальше она движется по каналу и его боковым ветвям, как и в первом случае. В рыбоводных хозяйствах каналы устраивают в выемке, полувыемке – полунасыпи и в насыпи. Водопадающие каналы имеют трапецеидальное поперечное сечение с боковым откосом разного уклона. Уклон откосов (заложение) зависит от грунтов и скорости течения воды в канале (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Назначение уклонов откосов магистрального канала в зависимости от характера прудов

Грунты	Заложенные откосы
Суглинок	
тяжелый, средний, глина	1:1–1:1,5
легкий, супесь	1:1,25–1:2
Песок	
крупнозернистый, среднезернистый	1:1,25–1:2,25
мелкозернистый	1:1,5–1:2,5
пылеватый	1:3–1:3,5

Ширина канала по дну и его глубина зависят от подачи воды к прудам и сроков их заполнения (табл. 3.2). Глубину канала складывают из глубины воды в канале и сухого запаса (расстояние от уровня воды до верхних бровок канала). Сухой запас зависит от расхода воды в канале и характера крепления его дна и откосов (табл. 3.3).

Таблица 3.2

Примерные сроки наполнения отдельных прудов в рыбопитомнике (1–2-я рыбоводные зоны)

Категории прудов	Дата	Время, сут
Нерестовые	25.05–10.06	1–2
Выростные	1–15.06	До 15
Зимовальные	10–20.09	2–3
Летнематочные и летнеремонтные	5–15.05	2–3

Таблица 3.3

Величина сухого запаса в зависимости от расхода воды в канале

Расход воды в канале, м <sup>3</sup>	Сухой запас для каналов, м	
	земляных	с креплением из бетона и железобетона
До 1	0,2	0,1–0,15
1–10	0,3	0,2

При определении пропускной способности магистрального канала выявляют динамику расхода воды по отдельным прудам в зависимости от времени наполнения и сезона года.

Пропускную способность магистрального канала вычисляют по формуле

$$Q = \frac{W}{t},$$

где  $Q$  – объем воды, подаваемый в единицу времени, м<sup>3</sup>/с;  $W$  – объем воды в рыбоводных прудах, м<sup>3</sup>;  $t$  – время заполнения прудов, с.

Для расчета параметров канала используют следующее выражение:

$$Q = \omega \cdot V,$$

где  $Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $\omega$  – площадь живого сечения потока, м<sup>2</sup>;  $V$  – средняя скорость течения воды в канале, м/с.

Скорость течения зависит от уклона канала ( $i$ ), гидравлического радиуса ( $R$ ) и сил трения, которые выражаются коэффициентом Шези ( $C$ ):

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i},$$

где  $V$  – скорость течения воды в канале, м/с;  $C$  – коэффициент Шези;  $R$  – гидравлический радиус;  $i$  – уклон дна канала.

Коэффициент Шези находят по формуле

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y,$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости;  $R$  – гидравлический радиус;  $y$  – переменный показатель степени.

Переменный показатель степени определяют по приближенным формулам:

$$y = 1,5 \cdot \sqrt{n} \text{ при } R \text{ менее } 1 \text{ м};$$

$$y = 1,3 \cdot \sqrt{n} \text{ при } R \text{ более } 1 \text{ м}.$$

Гидравлический радиус рассчитывают по формуле

$$R = \frac{\omega}{P},$$

где  $R$  – гидравлический радиус, м;  $\omega$  – площадь живого сечения, м<sup>2</sup>;  $P$  – смоченный периметр – длина подводной части периметра.

Коэффициент Шези ( $C$ ) – справочные данные. Смоченный периметр канала ( $\rho$ ) (сумма длины по дну, откосам, поверхности воды) вычисляют по формуле:

$$v = p \cdot 2h \cdot \sqrt{m^2 + 1},$$

где  $p$  – ширина канала по дну, м;  $h$  – глубина воды в канале, м;  $m$  – коэффициент заложения откосов (обычно 1,5).

Заложение откосов зависит от свойств грунтов, в которых проходит канал. Основными свойствами грунтов являются: угол внутреннего трения, коэффициент сцепления, объемная масса. В связи со сложностью определения коэффициента сцепления ( $m$ ) для каналов, применяемых в рыбоводных хозяйствах, используют табличный материал.

Площадь живого сечения канала определяют по формуле:

$$\omega = (p + m \cdot h) \cdot h,$$

где  $p$  – ширина канала по дну, м;  $m$  – коэффициент заложения откосов;  $h$  – глубина воды в канале, м.

Для проектных расчетов ширины канала по дну и глубины воды в нем сравнивают расход воды по запроектированным прудам по сезонам года и расчетный ее расход в канале по примерной его ширине и глубине воды в канале [8].

### Водоснабжающие лотки

Их применяют вместо земляных каналов в тех случаях, когда трасса канала проходит в насыпи, а достаточного количества грунта нет. Они выполняются из железобетона. Разработаны лотки глубиной 40, 50, 80 и 100 см. Лотки укладывают на свайные опоры и стойки рамного типа (рис. 3.1).

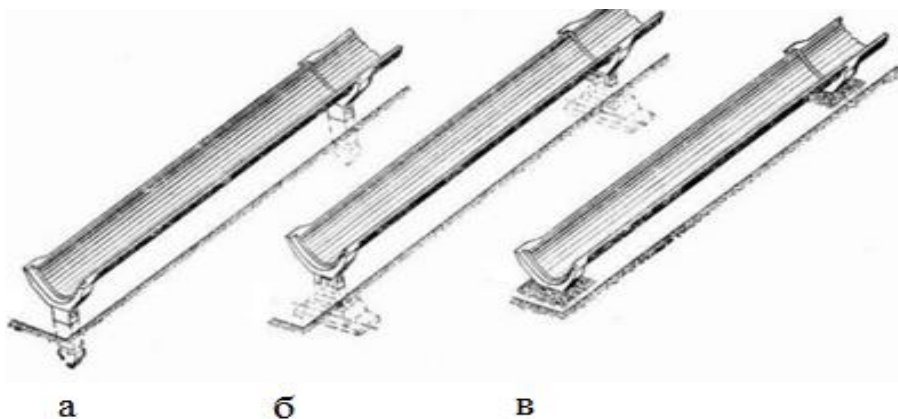


Рис. 3.1. Водоснабжающие лотки:  
а – на свайных опорах; б – на стойках рамного типа; в – уложенные на грунт

Расход воды в лотках определяют по формуле

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{R} \cdot i.$$

Обозначения те же, что и в вышеуказанных формулах.

При этом коэффициент шероховатости принимают 0,012.

Уклон лотков зависит от рельефа местности.

### **Трубопроводы**

Трубопроводы применяют в прудовых хозяйствах вместо магистрального канала, а также для снабжения садков с товарной рыбой в зимнее время. Их используют в том случае, если это экономически целесообразно. Трубопроводы делят на безнапорные и напорные.

Пропускную способность безнапорных трубопроводов определяют по формуле

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{R} \cdot i,$$

где  $\omega$  – сечение трубы, м<sup>2</sup>.

Остальные обозначения те же, что и для каналов. Коэффициент трения для круглых труб принимают 0,013. Уклон трубопровода зависит от рельефа участка строительства прудов хозяйства. Расход воды в трубопроводе вычисляют согласно динамике водопотребления прудов хозяйства. Отсюда подбирают определенный диаметр трубы.

Параметры напорных трубопроводов рассчитывают по сложным формулам.

### **Головные водозаборные и сопрягающие сооружения**

Вода из головного пруда в магистральный канал поступает через водозаборное сооружение. Оно обеспечивает водой все пруды хозяйства согласно графику их наполнения, предотвращает попадание в канал малоценной рыбы, льда и наносов. Водозаборные сооружения бывают двух типов: плотинный и бесплотинный. Плотинный водозабор применяют в случае, если расход воды через него составит не менее 20 % расхода воды в реке. Бесплотинный водозабор применяют, если расход воды через него не превышает 20 % расхода воды в реке. По конструктивному исполнению

водозаборы делят на шлюзы-регуляторы и трубчатые. Шлюз-регулятор представляет собой лоток прямоугольного сечения, с входной стороны перекрываемый различными затворами. Трубчатые водозаборы представляют собой трубы различного диаметра, закрываемые с помощью различных устройств: щит, шандорный ряд и др.

На магистральном канале устраивают шлюзы-регуляторы. Они предназначены для поднятия уровня воды в нем на определенном участке с целью возможности подачи воды в каналы и лотки для определенного пруда. Они представляют собой бетонные или железобетонные стены с пазами по берегам канала, в которые вставляют шандоры или щиты. В местах канала со значительным уклоном устраивают перепады, быстротоки. Перепады по конструктивному решению делят на ступенчатые, консольные, шахтные. Ступенчатые перепады могут быть одноступенчатыми и многоступенчатыми. Перепады представляют собой прямоугольные ступени из железобетона определенной ширины, ограниченные боковыми стенками. Консольный и шахтный перепады устраивают в местах резкого падения рельефа. Они представляют собой прямоугольную или круглую шахту с лотком на выходе. Вода входит в шахту, затем по лотку поступает в канал. Быстроток устраивают при значительном уклоне трассы канала. Это лоток, выполненный из железобетона, определенных параметров, состоящий из входной части, лотка, водобойного колодца, выходной части.

### **Переходные сооружения**

Переходные сооружения в виде акведуков и дюкеров устраивают в местах пересечения каналом препятствия: лощины, овраги, водные потоки. Акведук – это искусственное продолжение земляного канала в виде лотка, проложенного через овраг, лощину (рис. 3.2). Параметры акведука отвечают необходимому расходу воды в канале. Дюкер – это сооружение, проходящее под водным потоком (река, канал), когда уровень воды в канале и реке находится на одном горизонте (рис. 3.3).

Для насыщения воды кислородом в местах поступления её в пруд устанавливают аэраторы различного типа: от простейших (столик, наклонная плоскость, вертушка) до сложных (аэратор Решетникова, «Винт» и др.).

В целях предотвращения попадания в пруды малоценной и хищной рыбы (в виде молоди) на каналах устраивают фильтры.



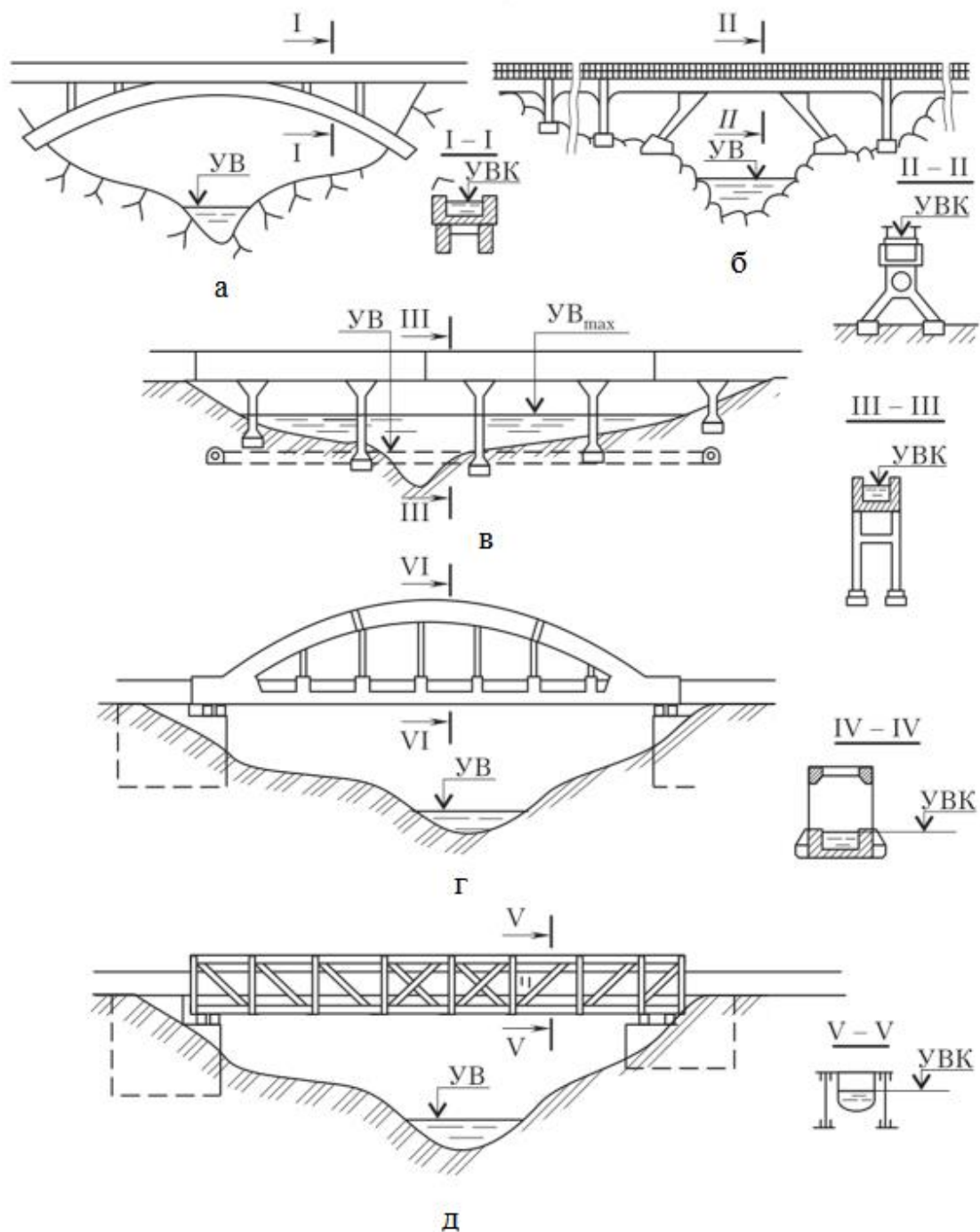


Рис. 3.2. Схемы акведуков:  
 а – арочный; б, в – рамный; г – подвесной;  
 д – опирающийся на деревянную или железобетонную ферму

Они могут быть хвостяными, каменнощебеночными и из полимерного материала. В связи с тем, что фильтры снижают пропускную способность канала, последний в месте установки фильтра расширяют. Водоподающие каналы устраивают в склонах рельефа, иногда значительной протяженности.

Для предотвращения попадания в канал загрязнений в весеннее время и во время ливней выше его устраивают нагорные каналы. Они отводят грязную воду в отводящий канал ниже всех прудов хозяйства [1].

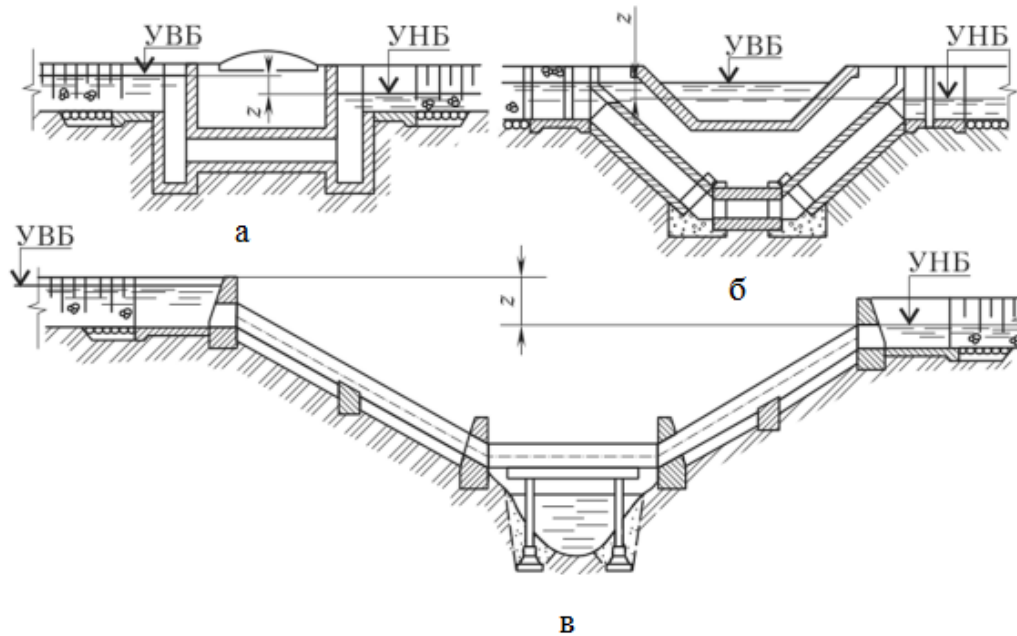


Рис. 3.3. Основные конструктивные схемы дюкеров:  
 а, б – закрытые колодезный и криволинейный соответственно;  
 в – открытый с напорными трубопроводами

### Контрольные вопросы

1. Как трассируют магистральный канал в рыбопитомнике?
2. Что такое головное водозаборное сооружение?
3. Каково назначение переходных сооружений?
4. Приведите примеры расположения акведуков и дюкеров в России в настоящее время.
5. Какие элементы включают в себя головные водозаборные сооружения?

## ГЛАВА 4. ВОДОВЫПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

К водовыпускным сооружениям рыбоводных хозяйств относят: донные водоспуски, рыбоуловитель, сеть рыбосборных канав, водоотводящие каналы.

### Донные водоспуски

Донные водоспуски предназначены для полного осушения рыбоводного водоема с целью вылова выращенной рыбы, освежения воды при сложном гидрохимическом режиме пруда, для ремонта рыбосборных канав на дне водоема и очистки его от иловых отложений. Донные водоспуски позволяют регулировать уровень воды в прудах. Они при плотинах высотой до 6 м и небольших паводковых расходах выполняют роль паводковых водосбросов. Иногда водоспуски совмещают с водосбросами. В прудах с плотиной более 6 м и больших расходах воды в период паводка или во время ливней водоспуски выполняют вспомогательную роль водосбросов. Водоспуски устраивают в самом низком месте водоема под его плотиной или дамбой. При их устройстве в пойме реки их располагают не в русле реки, а в стороне от него. Для этого прокладывают траншею с учетом дна водоема. По конструктивному решению их делят на открытые и закрытые (трубчатые). Открытые водоспуски сооружают при плотинах высотой не более 5–6 м и напоре 3–4 м. В этом случае они выполняют и роль водосбросов. Открытый водоспуск представляет собой прорезь в теле плотины с боковыми бетонными или железобетонными стенками с пазами, в которые вставляют шандоры или щит. Порог такого водоспуска находится на уровне дна водоема перед плотиной. Открытые водоспуски устраивают редко из-за сложности устройства.

Открытые водоспуски бывают деревянные, каменные, бетонные и железобетонные. Из дерева водоспуски устраиваются лишь в отдельных случаях, чаще на рыбоводных прудах, так как дерево, находясь под переменным действием воды, быстро загнивает, что приводит к частым ремонтам деревянных водоспусков или полной их замене.

Составными частями открытого водоспуска являются береговые устои, промежуточные опоры-быки и днище-флютбет (рис. 4.1).

Со стороны верхнего бьефа быки могут иметь переднюю грань прямоугольную, полуциркулярную, заостренную и криволинейно заостренную. Пролеты между опорами перекрываются деревянными или металлическими затворами.

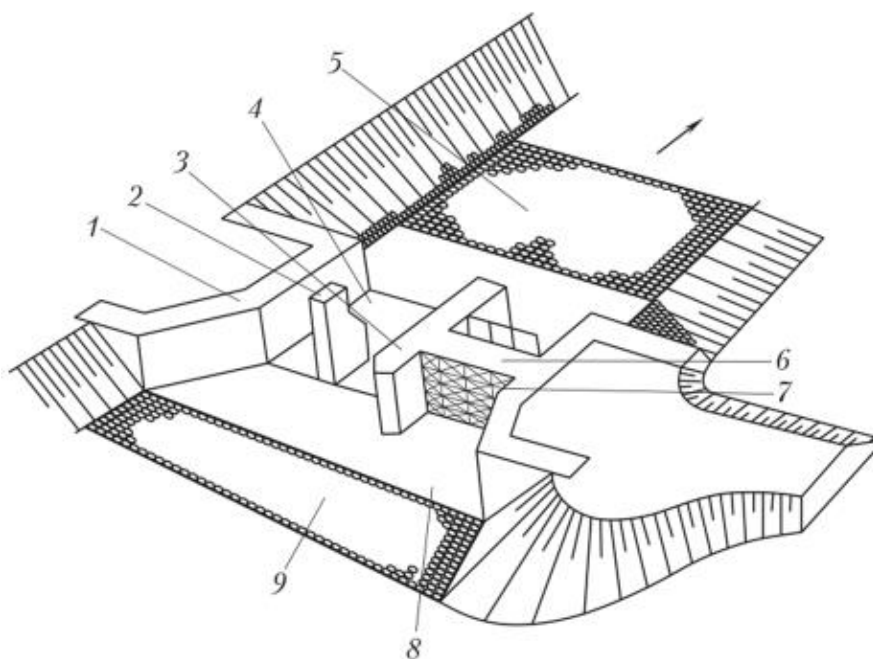


Рис. 4.1. Открытый водоспуск:  
 1 – береговой устой; 2 – контрфорс; 3 – бык; 4 – водобой; 5 – рисберма; 6 – мост;  
 7 – стойки и затворы; 8 – понур; 9 – предпонурная подушка

Закрытые (трубчатые) водоспуски бывают 4 типов: напорные, безнапорные, башенные, сифонные.

Напорные водоспуски создают в том случае, когда затвор находится в концевой его части, перед рыбоуловителем (рис. 4.2). Затвор чаще выполняют в виде вентиля по диаметру трубы. Он позволяет регулировать расход воды при осушении пруда. В таких водоспусках применяют металлические сбросные трубы. Асбоцементные трубы в этом случае нежелательны, так как в их стыках (при осадке грунта в теле плотины) могут быть трещины, ведущие к аварийным ситуациям.

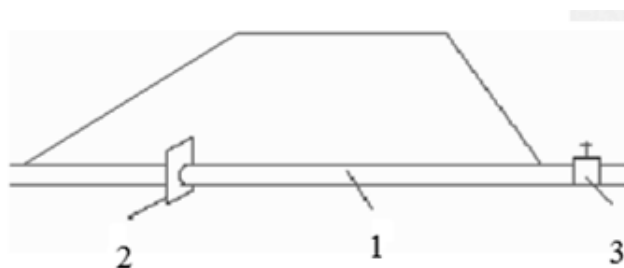


Рис. 4.2. Напорный водоспуск:  
 1 – лежак; 2 – диафрагма; 3 – задвижка

Безнапорные водоспуски имеют донную трубу, закрывающуюся в начале. Это может быть щит или захлопка (рис. 4.3).

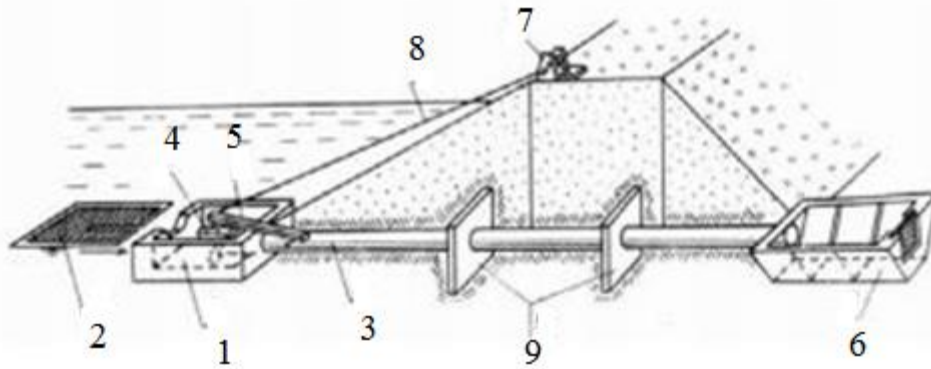


Рис. 4.3. Донный водоспуск с клапанным затвором:  
 1 – приямок; 2 – решетка; 3 – лежак; 4 – клапанный затвор; 5 – кронштейн;  
 6 – рыбоуловитель; 7 – лебедка; 8 – трос; 9 – диафрагма

Донные трубы применяют и асбоцементные. Такие водоспуски рассчитаны на небольшой напор.

Башенные водоспуски – наиболее распространенный тип в прудовых хозяйствах. Они состоят из горизонтальной трубы (лежак) и вертикальной трубы (стояк). Лежак выполняют из любого материала, чаще из железных труб (рис. 4.4).

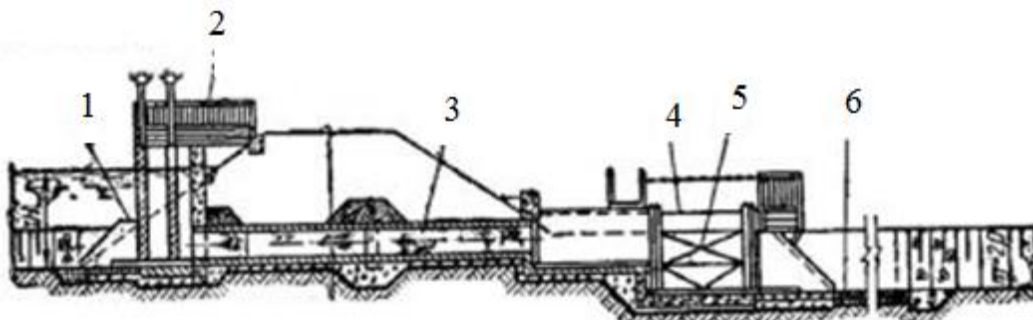


Рис. 4.4. Башенный донный водоспуск:  
 1 – входной оголовок; 2 – служебный мостик; 3 – труба водоспуска (лежак);  
 4 – камера облова; 5 – контейнер; 6 – рисберма

Сифонные водоспуски устраивают на нагульных прудах, плотины которых по разным причинам нельзя разрушать, или для последующего устройства донного водоспуска (рис. 4.5). Их применяют в небольших прудах (до 10 га).

Проведение всякой трубы под земляной плотиной сопряжено с опасностью возникновения фильтрационных токов воды вдоль наружной ее поверхности. Развитие подобной фильтрации во времени приводит сначала к вымыванию грунта, затем к образованию более или менее значительных токов воды и в конечном счете к появлению сквозного отверстия в теле

плотины. Вне зависимости от типа трубчатых водоспусков главное внимание при их проектировании и устройстве обращают на надежность сцепления донной трубы и грунта тела плотины.

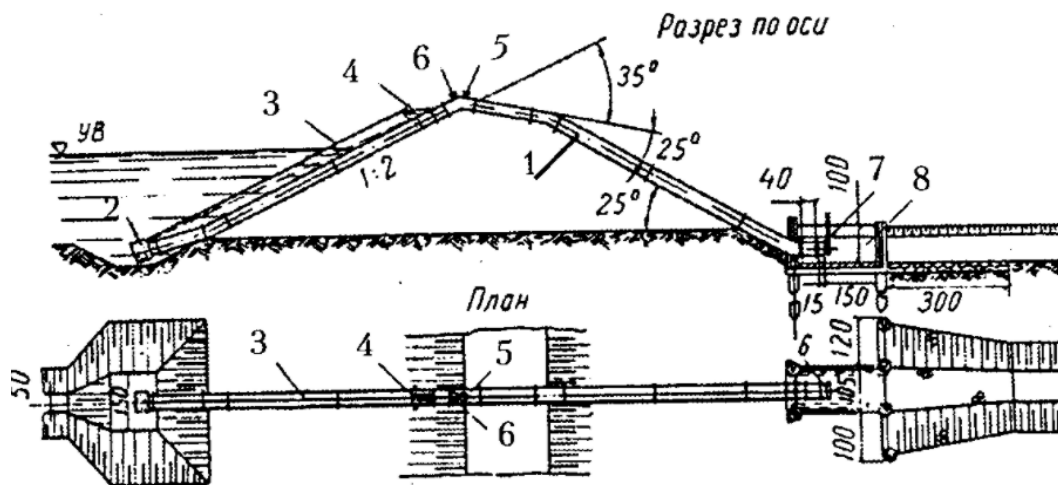


Рис. 4.5. Сифонный водоспуск:

- 1 – затвор на входном отверстии; 2 – трос; 3 – ворот для управления затвором;  
 4 – отверстие для выпуска; 5 – отверстие для заливки воды;  
 6 – затвор на входном отверстии сифона; 7 – водобойный колодец

Для этого вокруг лежака грунт тщательно трамбуют. Устраивают поперечные ребра – диафрагмы из бетона, железобетона или железа. Это удлиняет путь фильтрации на 15–20 %. Размер ребра диафрагм зависит от напора и колеблется от 0,4 до 1 м. При пересечении ядра плотины в нем на трубе дополнительно сооружают диафрагму, что увеличивает путь фильтрации на 30–40 %.

Наиболее часто сооружают в прудовых хозяйствах башенные водоспуски. Башня (стояк) состоит из вертикальной трехстенной бетонной, железобетонной коробки, установленной на бетонном фундаменте. Стояк располагают в начале основания мокрого откоса плотины или в его нижней трети.

В заднюю стенку стояка на уровне порога заделывают конец лежака. В боковые стенки заподлицо с внутренней стороны их поверхности заделывают швеллеры, образующие пазы для шандор. Нижние концы швеллеров на 0,3–0,4 м заделывают в фундамент. Верхние концы связывают поперечной распоркой из уголкового железа. При небольшом напоре поперечную распорку не делают.

Открытую переднюю часть стояка, обращенную к пруду, перекрывают одним или двумя рядами шандор.

Бетонные стенки стояка при незначительной высоте (2–3 м) делают по всей высоте одинаковой толщины (25–30 см). При большей высоте стояка толщину стенок ближе к основанию увеличивают уступообразно. Стенки стояка из железобетона выполняют толщиной 15–20 см по всей высоте. Ширина коробки стояка изменяется в зависимости от диаметра трубы лежака, а длина почти во всех случаях одинакова (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Внутренние размеры стояка в зависимости от диаметра трубы лежака и напора воды, м

Категории прудов	Напор	Диаметр трубы	Внутренние размеры	
			длина	ширина
Нерестовые	1–1,5	0,2	0,6–0,7	0,4
Выростные, зимовальные, маточные и небольшие нагульные	1,5–3,0	0,3–0,4	0,7–0,8	0,5–0,7
Головные и нагульные	3,0–5,0	0,5–0,7 и более	0,7–0,8	0,7–1,0

Фундамент стояка устраивают толщиной 0,6–1,0 м. В противофильтрационных целях, при слабофильтрующих грунтах, а также когда стояк вдвинут более чем на половину мокрого откоса, в основании фундамента (по линии задней стенки) забивают шпунтовый ряд из досок толщиной 7–10 см на глубину 2–3 м. Верхнюю часть шпунта заделывают в фундамент на 15–20 см. Гребень шпунта перед возведением фундамента обкладывают слоем битума для допуска при осадке фундамента. При устройстве стояка в конце мокрого откоса при плотном основании (плотные суглинки) его устанавливают на фундамент без шпунта. Гашение фильтрации в этом случае происходит за счет длины лежака и диафрагм на нем.

Вертикальное расположение бетонного или железобетонного стояка при плохом исполнении фундамента зачастую ведет к его наклону в разные стороны и даже падению. В связи с этим стояк можно укладывать на мокрый откос.

К стояку приделывают оголовок из стенок (бетон, железо) в виде двух треугольников. Оголовок предохраняет лежак от грунта, оползающего с мокрого откоса.

Высота стенок у стояка 0,5–1,5 м, у конца – 0,2–1 м. Это зависит от движения стояка в плотину. Длина стенок 1–2 м.

В последние годы вместо железобетонных стояков их устраивают из железных труб большего диаметра.

В этом случае стенка трубы выполняет роль первого ряда шандор. Второй ряд шандор, регулирующий уровень воды в пруду, вставляют в пазы, образованные швеллерами. Железные стенки с одним рядом шандор выполняют для выростных и нерестовых прудов. Применяют трубы 0,3–0,5 м.

Определенный интерес представляют донные водоспуски из полимерных труб (рис. 4.6). Их сооружают при напоре 2,0–3,0 м.

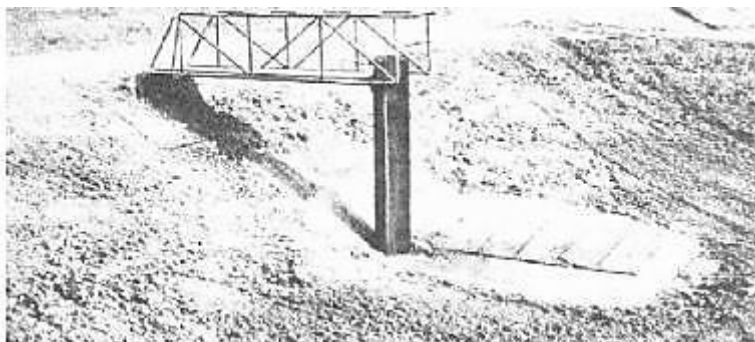


Рис. 4.6. Стояк из полимерной трубы

Лежак представляет собой металлическую или асбоцементную трубу. Ее укладывают в траншею на основание из мятой глины или из бетона слоем 15–20 см. Трубу диаметром до 40 см обкладывают глиной слоем 30–40 см, а диаметром более 40 см – слоем 70 см. Иногда трубу обкладывают средним суглинком мелкими слоями с тщательной трамбовкой. Полезно перед укладкой трубу смазать горячим битумом с обсыпкой мелким глинистым песком. Это обеспечивает хорошее сопряжение грунта со стенками трубы. Диафрагмы обязательны.

Откосы и дно магистрального канала осушительной сети пруда возле стояка на длине 1,5–2,5 м крепят каменной кладкой или бетоном. Выходной конец лежака заканчивается входом в рыбоуловитель. С гребня плотины на стояк укладывают служебный мостик для наблюдения за расходом воды и поднятия и опускания шандор. При малых расходах воды, обычно в прудах, расположенных в суходольных балках, оврагах, донные водоспуски совмещают с паводковым водосбросом [11].

### **Гидравлический расчет донных водоспусков**

По технологическим условиям выращивания рыбной продукции водоем осушают в нужное время и рыбу отлавливают. Для проведения таких работ в сжатые сроки составляют график осушения прудов с таким расчетом,



чтобы после облова одного пруда сразу приступить к вылову рыбы из следующего, не затрачивая времени на ожидание сброса основной массы воды.

В некоторых случаях донный водоспуск играет роль вспомогательного (дополнительного) паводкового водосброса.

Во всех этих случаях необходимо знать пропускную способность донного водоспуска.

Расход воды через донный водоспуск зависит от напора воды перед трубой (лежак), площади сечения трубы, условий входа и выхода воды из трубы и т.д. В общем виде расход воды через донный водоспуск определяют по формуле

$$Q = M_s \cdot \omega \sqrt{2gH},$$

где  $Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $M_s$  – коэффициент расхода системы;  $\omega$  – площадь сечения трубы, м<sup>2</sup>;  $g$  – ускорение силы тяжести, 981 м/с<sup>2</sup>;  $H$  – действующий напор для данного сооружения, м.

В связи с тем, что расход воды через трубу донного водоспуска зависит от напора воды, а он при осушении пруда постоянно уменьшается, для определения расхода воды вычисляют средний напор ( $H_h - H_0$ ).

Для более точных вычислений разбивают пруд на несколько горизонтальных сечений и определяют расход воды для каждого сечения. Но для расчета времени сброса воды по каждому сечению надо знать объем сечения.

Самым сложным в приведенной выше формуле является расчет коэффициента расхода системы ( $M_s$ ). Он зависит от коэффициента сопротивления системы ( $K_s$ ), который, в свою очередь, находится в зависимости от длины трубы, коэффициента трения, диаметра трубы и др.

Коэффициент сопротивления системы ( $K_s$ ) определяют по следующему выражению:

$$K_s = K_l + \sum K_i,$$

где  $K_l$  – коэффициент трения по длине трубы;  $K_i$  – коэффициент сопротивления при местных потерях.

Коэффициент трения по длине трубы определяют по уравнению

$$K_l = \frac{\lambda \cdot L}{D},$$

где  $\lambda$  – коэффициент, зависящий от материала трубы (стальные и чугунные трубы – 0,02, асбоцементные и железобетонные – 0,0222);  $L$  – длина трубы, м;  $D$  – диаметр трубы, м.

Коэффициенты сопротивления при местных потерях ( $K_i$ ) зависят от конкретных условий устройства донного водоспуска: характера входного отверстия, выхода трубы в колодец, канала с водой или без воды, поворота трубы и т.д. Например, вход в трубу без закругления кромки 0,5, при хорошо округленной кромке – 0,1, вход трубы в канал с водой – 1,0, резкий поворот трубы – 1,25–1,5 и т.д.

Подставляя определенные значения в формулу расчета коэффициента сопротивления системы ( $K_s$ ), получим:

$$K_s = \frac{\lambda \cdot L}{D} + \sum K_i.$$

В целом коэффициент расхода системы ( $M_s$ ) примет следующий вид:

$$M_s = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\lambda \cdot L}{D} + \sum K_i}}.$$

В связи с тем, что в хорошо спроектированных и построенных прудах лежак донного водоспуска находится примерно на уровне воды в рыбоуловителе, труба прямая, оголовок хорошо закруглен, можно сделать некоторые допуски при вычислении суммы ( $\sum K_i$ ), приближенная формула вычисления  $M_s$  примет следующий вид:

$$M_s = \frac{1}{\sqrt{1,5 + \frac{\lambda \cdot L}{D}}}.$$

**Пример.** Определите время, необходимое для осушения пруда объемом воды 500 тыс. м<sup>3</sup>. Напор воды у водоспуска 4 м. Диаметр трубы 0,4 м. Труба стальная, длиной 40 м,  $\lambda$  – 0,02.

**Решение.** 1. Вычисляют расходы для среднего напора ( $H_h - H_0$ ) в 2 м:

$$Q = M_s \cdot \omega \sqrt{2gH}.$$

$$M_s = \frac{1}{\sqrt{1,5 + \frac{\lambda \cdot L}{D}}} = \frac{1}{\sqrt{1,5 + \frac{0,02 \cdot 40}{0,4}}} = 0,58.$$

$$\omega = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 0,2^2 = 0,1256 \text{ м}^2$$

$$Q = 0,58 \cdot 0,1256 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2} = 0,44 \text{ м}^3.$$

2. Определим приблизительное количество суток, необходимое для осушения данного пруда:

$$500\,000 \text{ м}^3 : 0,44 \text{ м}^3 = 1\,136\,363 \text{ с};$$

$$1\,136\,363 : 86400 (60 \text{ с} \cdot 60 \text{ мин} \cdot 24 \text{ ч}) = 13 \text{ сут.}$$

### Рыбоуловители

Рыбоуловители предназначены для приема выращенной рыбы и, если это необходимо, для кратковременного ее хранения. В некоторых конструкциях рыбоуловителей предусматривают сортировку товарной рыбы или отделение ее от сеголетков при совместном их выращивании. Для нагульных прудов (50, 100, 250, 500 га) разработаны 3 схемы расположения рыбоуловителей (рис. 4.7).

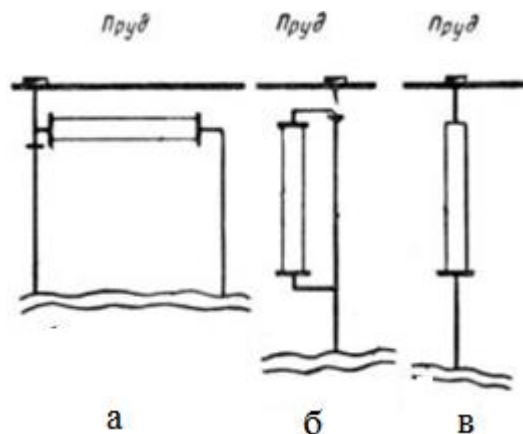


Рис. 4.7. Схемы рыбоуловителей:  
а – параллельно дамбе пруда; б – параллельно сбросному каналу;  
в – на сбросном канале

Для прудов площадью менее 50 га рыбоуловители располагают на сбросном канале. Рыбоуловители выростных прудов также размещают на сбросном канале.

Выбор той или иной схемы расположения рыбоуловителя зависит от рельефа площадки строительства рыбоуловителя, расположения плотины (дамбы) пруда. При широкой пойме водоисточника возможна любая схема расположения рыбоуловителя, а при узкой пойме и значительных уклонах ее в сторону сбросного канала рыбоуловитель располагают по 3-й схеме.

Для больших нагульных прудов наиболее неудобным является расположение рыбоуловителя на сбросном канале. В этом случае рыбоуловитель является отстойником для поступающих из пруда наносов, что усложняет его эксплуатацию.

Объем рыбоуловителей рассчитывают на одновременное содержание всего количества рыбы, выращенной в пруду. В ряде случаев объем рыбоуловителей вычисляют на небольшое количество рыбы при условии систематического ее отлова.

Постоянная проточность и аэрация воды в рыбоуловителе при кратковременном пребывании в нем рыбы дают возможность предусмотреть высокую плотность её содержания. Отношение массы рыбы к объему воды принимают 1:4. При содержании рыбы в рыбоуловителе длительное время (1,0–1,5 месяца) допускается соотношение рыбы и воды 1:7–1:10. Но при этом в него систематически подается свежая вода из водоисточника либо самотеком, либо с помощью насосных установок.

Поскольку из рыбоуловителя постоянно берут рыбу для реализации или пересадки в живорыбные садки, принятое соотношение 1:4 фактически будет только первые 1–2 дня после перепуска в него всей рыбы. Затем соотношение постепенно меняется.

Для больших прудов при приеме всей выращенной рыбы разработаны следующие нормативы (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Расчеты размера рыбоуловителей для больших прудов  
(для длительного хранения рыбы)

Площадь пруда, га	Общий вылов рыбы, т	Полезный объем, м <sup>3</sup>	Размеры, м		
			глубина	ширина по дну	длина
50	60	315	1	7	35
100	120	600	1	8	50
250	250	1320	1	10	110
500	400	2080	1	14	130

В состав рыбоуловителя входят следующие сооружения: водовыпуск в рыбоуловитель, камера облова, водовыпуск из рыбоуловителя, перегораживающие сооружения, сооружение для его водоснабжения (при длительном хранении рыбы).

Водовыпуском в рыбоуловитель является окончание трубы донного водоспуска или подводный от лежака канал, водобойный колодец. В небольших прудах вода с рыбой поступает непосредственно в приемную часть рыбоуловителя через водобойный колодец. Дно рыбоуловителя должно быть ниже трубы донного водоспуска.

Водобойный колодец (узкая часть рыбоуловителя) при его устройстве на сбросном канале предназначен для гашения скорости воды, поступающей в камеру отлова. При устройстве рыбоуловителя параллельно сбросному каналу роль водобойного колодца выполняет ответвление канала, подающего рыбу в уловитель.

Стенки и дно водобойного колодца выполняют из бетона или железобетона. Стенки ответвляющегося канала крепят камнем или бетоном. Стенки и дно камеры облова выполняют из бетона или железобетона. Дно ее имеет продольный уклон к перегораживающему устройству и уклон к центру дна. Стенки камеры облова уложены на ее откосы.

Перегораживающее устройство представляет бетонные стенки с пазами, в которые вставляют шандоры или щиты, приводимые на поднятие и опускание со служебного мостика.

При расположении прудов на ровной площадке рыбоуловитель может быть один на несколько прудов. Так, в Аккурганском рыбокомбинате в Узбекистане действует один рыбоуловитель для 4 прудов общей площадью 300–400 га.

### **Сеть рыбосборно-осушительных канав**

Вылов рыбы с помощью рыбоуловителя возможен только при хорошо спланированном ложе пруда. Кроме того, по технологии производства рыбной продукции в прудовом хозяйстве водоем оставляют на зиму сухим и проводят на нем ряд мелиоративных работ с целью улучшения гидрохимического режима и повышения естественной кормовой базы.

Планировка ложа пруда предусматривает нарезку по нему сети канав с таким расчетом, чтобы все пониженные места ложа осушались, а выращенная рыба скатывалась к донному водоспуску.

В зависимости от рельефа расположение может быть ёлочное или лучевое. Так, в нерестовых, зимовальных, выростных прудах расположение канав ёлочное (рис. 4.8). В нагульных прудах при сложном рельефе оно зависит от наличия понижений (рис. 4.9).

Осушительная сеть канав состоит из центральной канавы и ее ветвей. Центральную канаву подводят к донному водоспуску, через который осуществляют сброс воды. Дно центральной канавы выводят на отметку порога донного водоспуска, а отметку порога устанавливают из расчета полного стока воды пруда из самых пониженных мест.

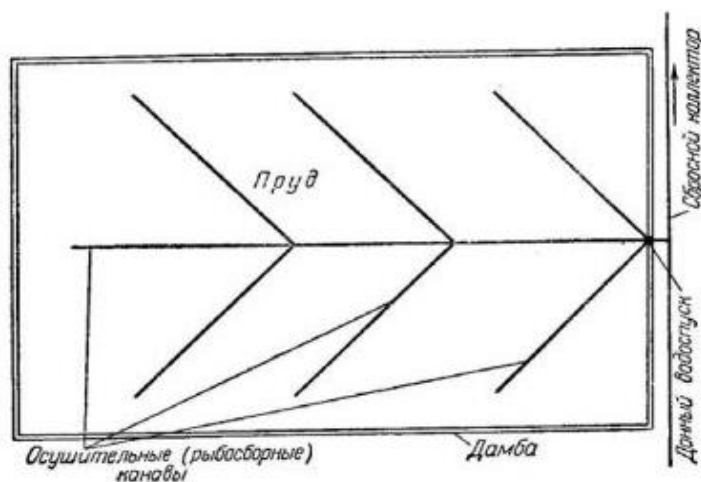


Рис. 4.8. Ёлочное расположение рыбосборных канав в нерестовых прудах

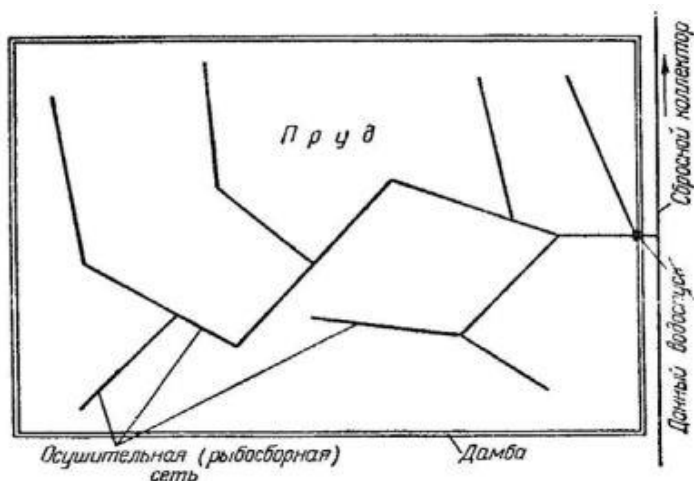


Рис. 4.9. Расположение рыбосборных канав в нагульных прудах

Гидравлический расчет канав осушительной сети прудов не проводят, их размеры принимают в соответствии с нормативами (табл. 4.3).

## Нормативы для расчета осушительных канав

Категории прудов	Минимальные размеры, м		
	глубина	ширина по дну	заложение откосов
Головные	0,5–1,0	0,5–1,0	1:1–1:1,5
Нерестовые	0,4	0,3	1:1–1:1,5
Мальковые	0,4	0,4	1:1–1:1,5
Выростные	0,5–0,6	0,4–0,6	1:1–1:1,5
Маточные	0,4	0,4	1:1
Зимовальные	0,3–0,4	0,3–0,4	1:1
Нагульные	0,5–1,0	0,5–1,0	1:1,5

Центральную канаву перед донным водоспуском крепят камнем или бетоном.

### Водоотводящие каналы

Водоотводящие каналы служат для отвода воды из рыбоуловителей. Конструктивно они не отличаются от водоподводящих каналов. Сечение таких каналов рассчитывают в зависимости от количества воды, одновременно сбрасываемой в соответствии с рыбоводным графиком по срокам облова прудов.

Гидравлический расчет водоотводящих каналов ведут по формулам для подводящих каналов.

Уклон водоотводящих каналов 0,002. Данный уклон снижает скорость воды, что уменьшает размыв их стенок, так как крепление стенок на таких каналах не производят [6].

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение донных водоспусков?
2. Какие Вы знаете типы донных водоспусков?
3. Расскажите о назначении оголовка донного водоспуска.
4. Как устроен лежак донного водоспуска?
5. Каково назначение рыбоуловителей? Перечислите и дайте характеристику типам рыбоуловителей.
6. Каково назначение сети рыбосборных канав?





Верховина состоит из свай деревянных или железобетонных с пазами для решеток или шандор. В сваях делают два ряда пазов. Сваи располагают на расстоянии 1,5–2 м друг от друга. В деревянных верховинах сваи укрепляют откосами. Железобетонные сваи крепят в флютбет верховины. В берега водоисточника устраивают шпунтовый ряд из дерева (деревянная верховина) или из бетона (железобетонная верховина) длиной 2–3 м. Он предотвращает береговой подмыв верховины.

Поверх свай укладывают служебный мостик для поднятия и опускания решеток или шандор. Просвет между прутьями решеток выбирают с учетом величины выращиваемой рыбы и крупной хищной и малоценной рыбы.

После прохождения паводка перед зарыблением пруда в пазы вставляют решетки. Во время облова пруда вместо решеток в пазы вставляют шандоры для временного задержания притока воды в пруды из водоисточника.

### **Рыбозаградители**

Устраивают на магистральном канале. Они могут быть решетчатые и в виде фильтров.

Заградительные решетки устраивают в донном водоспуске для предотвращения ухода молоди при создании проточности (зимовальные пруды) или освежении воды (нерестовые, выростные пруды). Для прудов разных категорий они различны.

Для нерестовых прудов решетки изготавливают в деревянной или металлической рамке высотой 30–40 см и шириной в зависимости от ширины отверстия стояка донного водоспуска. Рамки обтягивают 1-миллиметровой сеткой при вылове 7–8-дневной молоди и 2–3-миллиметровой при вылове мальков 12–16-дневного возраста.

Для мальковых прудов решетки делают металлическими или деревянными высотой 30–40 см. Решетки представляют собой рамку, в которую крепят продольное полосовое или круглое железо толщиной 0,2–0,3 см. Просвет между ними составляет 0,5 см. В форелевых хозяйствах устанавливают латунные сетки с ячейей 0,3–0,5 см.

В выростных карповых и зимовальных форелевых прудах высота решетки не менее 30 см. Рамка делается из железа толщиной 0,2–0,3 см со следующими просветами между полосами:

- при выращивании вместе с карпом сеголетков карася, сиговых, судака – 0,7 см;
- при выращивании только сеголетков – 1 см.

В зимовальных и маточных, нагульных форелевых прудах высота рамки равна 40 см, просвет между прутьями – 1 см.

Для нагульных карповых прудов высота рамки решетки составляет 50 см, толщина – 0,5–0,7 см. Просвет между прутьями – 2 см. При выращивании в нагульных прудах вместе с карпом сеголетков других видов рыб просвет не более 1 см.

### Уловители

В прудах под падающую струю воды ставят ящичные уловители. Они предназначены для устранения попадания в рыбоводный водоем малоценной и хищной рыбы из магистрального канала.

Уловитель – это деревянный каркас, обшитый с боков и дна металлической или капроновой сеткой с ячейей 1 мм (рис. 5.2).

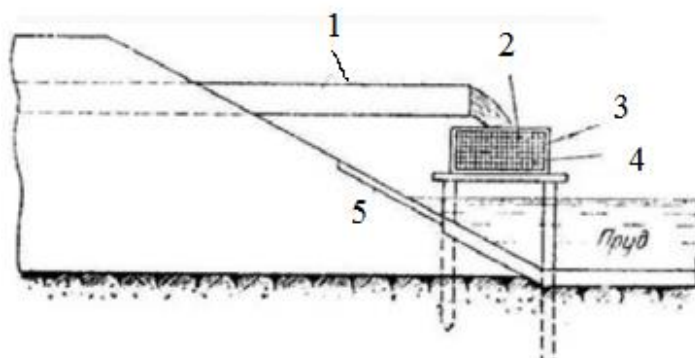


Рис. 5.2. Ящичный сороуловитель:  
1 – труба водовыпуска; 2 – уловитель; 3 – рамка;  
4 – обшивка металлической сеткой; 5 – крепление

Для разных категорий прудов размеры уловителя различны (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Размеры ящичного уловителя для карповых прудов

Категории прудов	Размеры ящика, м		
	длина	ширина	высота
Нерестовые	0,5–0,7	0,4–0,5	0,4–0,5
Выростные, зимовальные	0,8–1,0	0,6–0,8	0,5–0,6

## Рыбозащитные сооружения

Рыбозащитные сооружения предназначены для защиты рыб от попадания в самотечный канал, в насосные установки, в сбросные сооружения гидроэлектростанций. Их подразделяют на механические и физиологические заграждения.

### Механические заграждения

**Плетневые фильтры** сооружают на каналах с небольшим расходом воды. Они представляют собой два ряда колея поперек канала, между которыми укладывают ветки хвойных деревьев. Сквозь такие фильтры крупная молодь рыб не проходит, но личинки их могут преодолевать эти заграждения.

**Гравийные фильтры** устраивают подобно плетневым, но кольца заплетают плетнем, а между рядами закладывают гравий с частицами 1–2 см. Возможно устройство гравийных фильтров без плетней в виде пирамиды (рис. 5.3).

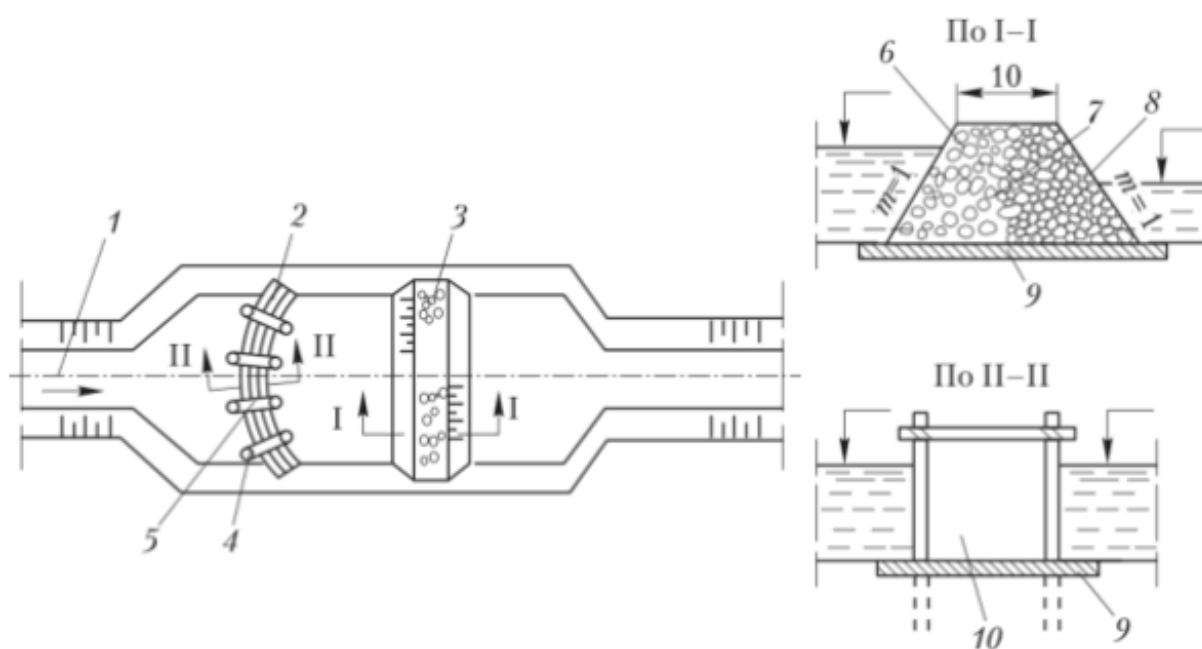


Рис. 5.3. Каменно-щебеночный фильтр:

- 1 – водоснабжающий канал; 2 – хворостяной фильтр; 3 – каменно-щебеночный фильтр;
- 4 – кольца; 5 – прижимы (жерди); 6 – камень; 7 – щебень; 8 – битое стекло;
- 9 – крепление под основание фильтра; 10 – хворост

**Гравийно-галечные фильтры** имеют три ряда колея с плетнем. Расстояние между рядами колея 0,5 м. Образуются две камеры. В первую камеру помещают гальку с частицами 3–5 см, во вторую – гравий с частицами 1–2 см.

**Стеклогравийные фильтры** устроены наподобие гравийных, но в гравий добавляют битое стекло. В таких фильтрах травмируются и погибают личинки рыб.

Все указанные фильтры снижают расход воды в канале, поэтому в месте расположения фильтра канал делают с расширением.

Применение указанных фильтров сопряжено с необходимостью периодической их очистки, что усложняет их эксплуатацию.

**Плоские сетки** предназначены для защиты рыб от попадания в насосные устройства и в самотечный водозабор. Они устроены более сложно по сравнению с фильтрами и имеют специальное очистительное устройство. Их устраивают при скорости воды не более 0,4–0,5 м/с (рис. 5.4).

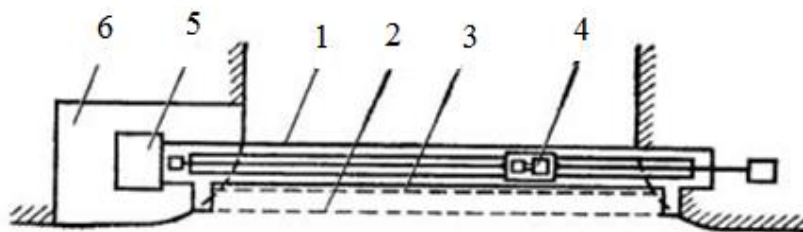


Рис. 5.4. Схема рыбозащитного устройства типа плоской сетки:  
1 – несущая конструкция; 2 – грубая решетка; 3 – сетчатое полотно;  
4 – очистное устройство; 5 – подъемный механизм; 6 – монтажная площадка

Такое заграждение устанавливают у насосных станций. Оно имеет три ряда защитных устройств. Грубая решетка предназначена для задержания плавающих предметов. Сетчатое полотно с ячейей 4×4 мм предназначено для задержания рыб с длиной тела до 30 мм. Другое сетчатое полотно с ячейей 2×2 задерживает молодь с длиной тела до 15 мм. Сетчатые полотна состоят из отдельных рамок высотой 1,5 м и шириной 1 м (рис. 5.5).

**Сетчатые заграждения** устраивают в начале самотечного канала. Они представляют собой ряд свай, между которыми устанавливают металлические рамки высотой до 2 м и шириной 1 м. Рамки обтянуты металлической 6-миллиметровой сеткой. Рамки поворачивают вручную на 180°, что способствует их очистке. Такие заграждения устанавливают при скорости воды не более 0,1–0,2 м/с.

**Сетчатые барабаны.** Конструкций сетчатых барабанов много. Их устраивают для защиты молоди рыб в насосных станциях.

Сетчатые барабаны устанавливают как в стационарных, так и в плавучих насосных станциях. Основной принцип их работы заключается в том, что защита рыб обеспечивается только в том случае и до тех пор, пока вся молодь способна противостоять скату на заграждения.

Наиболее сложно устроены сетчатые барабаны с очистительными устройствами (рис. 5.6, 5.7).

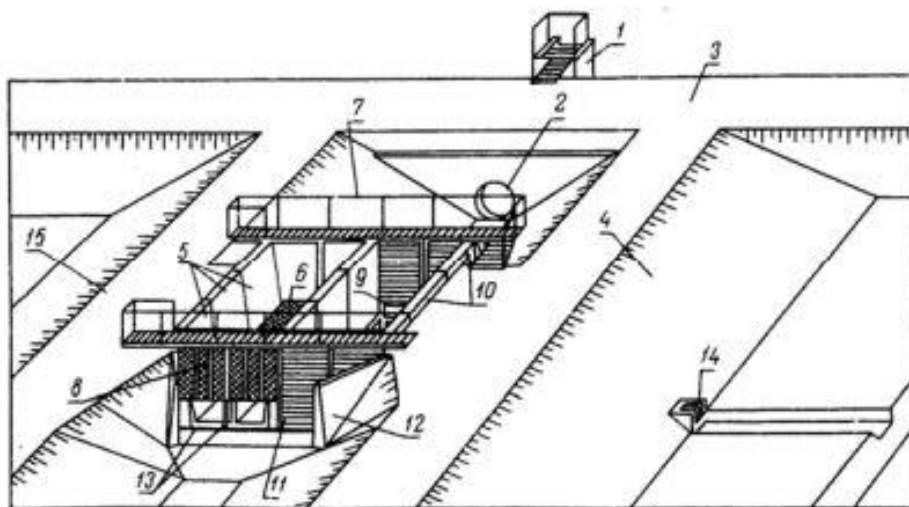


Рис. 5.5. Схема рыбозаградителя в рыбхозе «Нагли»:

- 1 – стояк донного водоспуска; 2 – труба-лежак; 3 – дамба проводящего канала;  
 4 – правая дамба; 5 – плиты СП-4; 6 – горизонтальное фильтрующее полотно;  
 7 – мостик обслуживания; 8 – вертикальное фильтрующее полотно;  
 9 – опорные металлоконструкции; 10 – контрфорсы; 11 – шандоры;  
 12 – подпорные стенки из монолитного железобетона;  
 13 – пазовые металлоконструкции; 14 – выходной колодец системы опорожнения камер;  
 15 – левая дамба

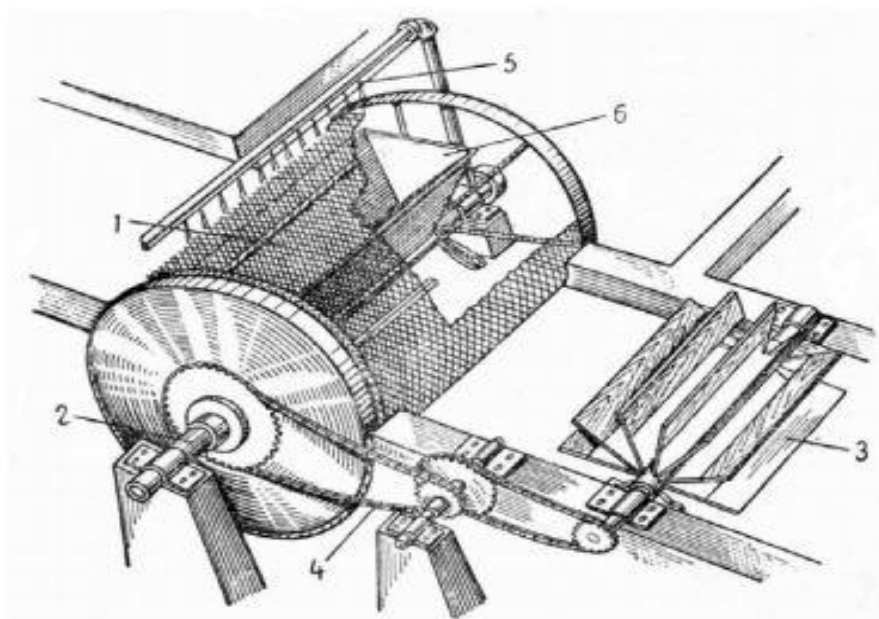


Рис. 5.6. Механический вращающийся цилиндрический рыбозаградитель с автоматической очисткой сетки струями воды:

- 1 – сетчатый барабан; 2 – полая ось; 3 – водяное колесо; 4 – цепной привод;  
 5 – перфорированная труба; 6 – ковш

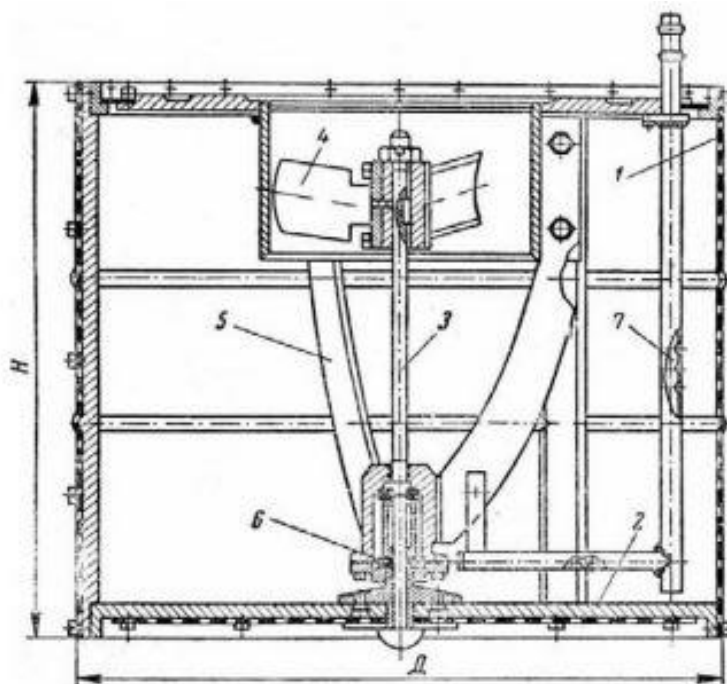


Рис. 5.7. Механический самоочищающийся рыбозаградитель с вращающимся барабаном от лопастного винта:  
 1 – сетчатый барабан; 2 – днище с сеткой; 3 – вал; 4 – лопастной винт;  
 5 – лапа; 6 – подшипник; 7 – флейта

### Физиологические заграждения

К ним относят электрозаградители и воздушно-пузырьковые завесы.

**Электрозаграждения.** Применение их основано на том, что, попадая в электрическое поле, рыбы стремятся выйти из него. Примером может служить ЭРЗУ-1 (рис. 5.8).

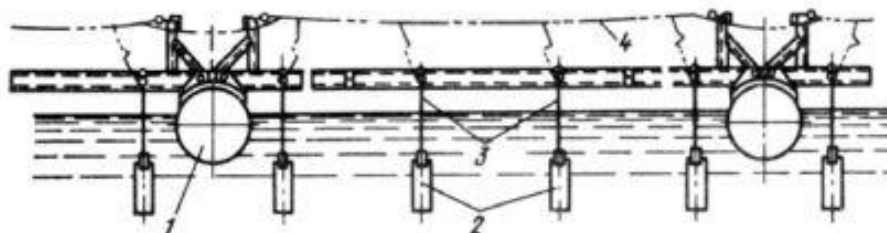


Рис. 5.8. Рыбозаградитель ЭРЗУ-1:  
 1 – поплавок; 2 – система электродов; 3 – трос; 4 – провода

Электроды из металлических стержней или труб диаметром 90–100 мм опускают в воду перед насосными устройствами или водосбросами. Расстояние между электродами 0,5–5,0 м. Их крепят на специальной тросовой системе.

**Воздушно-пузырьковая завеса** создается путем укладки на дно водоема перфорированных труб перед водозабором. Наиболее эффективна воздушно-пузырьковая завеса из нескольких рядов перфорированных труб. Подаваемый в трубы воздух создает плотную пузырьковую завесу, отпугивающую рыб.

## Рыбопропускные сооружения

Рыбопропускные сооружения предназначены для пропуска некоторых видов рыб (лососевые, осетровые, угри и др.) через плотины, устраиваемые на реках. К этому типу гидросооружений относят рыбоходы и рыбоподъемники.

### Рыбоходы

К ним относят обходные каналы, лотковые, прудовые и лестничные рыбоходы. Первые три вида рыбоходов в настоящее время не строят.

**Лестничные рыбоходы.** Эта система горизонтальных бассейнов, отделенных друг от друга перегородками. Длина бассейна 2,5–10,0 м. Величина перепада между бассейнами 15–60 см (рис. 5.9).

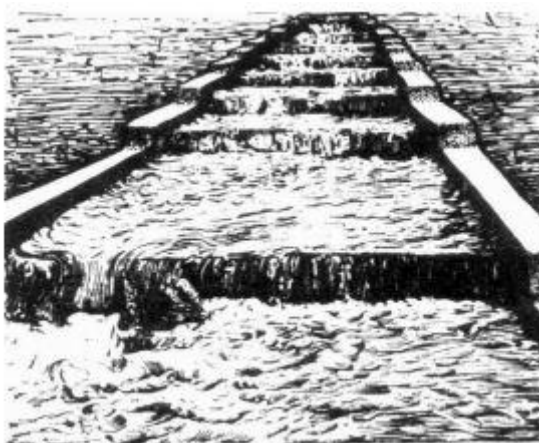


Рис. 5.9. Рыбоход

Угреходы – это разновидность рыбоходов. Сооружения лоткового типа. Угорь хорошо преодолевает различные преграды. Для него устраивают деревянный или бетонный лоток с шероховатым дном (укладывают гальку). Ширина лотка 20–40 см. Для того чтобы галька не скатывалась вниз, лотки делят перегородками с отверстиями. Перепад между ступенями составляет 0,3 м (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Угреход

### Рыбоподъемники

Наиболее распространены гидравлические рыбоподъемники. Их располагают вблизи сброса воды электростанции. Устроены они следующим образом. Монтируется вертикальная шахта с входным отверстием для подхода рыб с входным лотком. Ширина лотка до 6 м и длина 110 м. Внизу шахты имеется побудительная решетка. Снизу решетки поступает вода, которая привлекает рыбу. После накопления рыбы в шахте нижнее отверстие закрывают. Шахта заполняется водой до горизонта верхнего бьефа. Побудительная решетка подталкивает рыбу вверх шахты. Верхнее отверстие шахты открывают, и рыба переходит по лотку в водохранилище. Для непрерывной работы рыбоподъемника строят две шахты. Течение воды внизу шахты может быть создано с помощью специального устройства (турбинный гидроагрегат) (рис. 5.11).

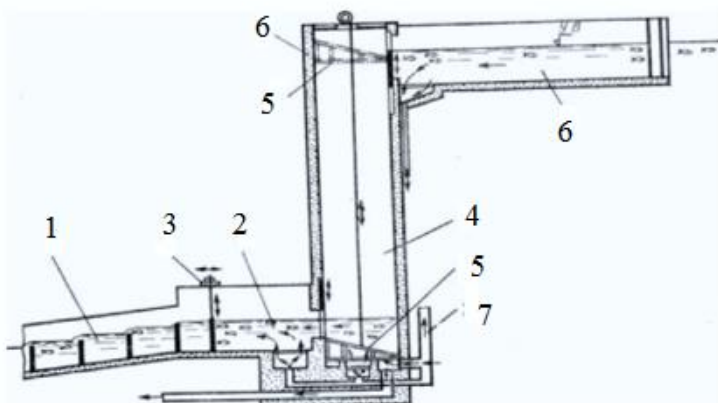


Рис. 5.11. Рыбоподъемник гидравлический:

- 1 – низовая часть накопителя; 2 – рыбонакопительный лоток;
- 3 – побудительное устройство; 4 – рабочая камера; 5 – подъемная площадка;
- 6 – верховой лоток; 7 – система питания



**Плавучий рыбоподъемник** представляет собой самоходный накопитель длиной 51,3 м, шириной 13,2 м. Устанавливают его в нижнем бьефе – там, где скапливается рыба. В установку входят два самоходных контейнера длиной 21,7 м и шириной 13,2 м. После накопления рыбы в первом контейнере он по судоходному каналу движется в верхний бьеф. В это время второй контейнер заполняется рыбой (рис. 5.12) [3].

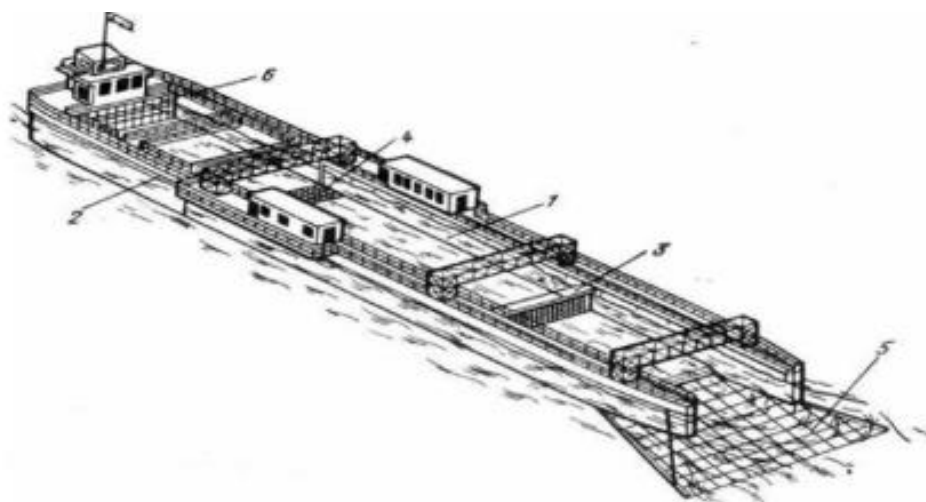


Рис. 5.12. Плавучая установка для перевозки рыбы из нижнего бьефа водохранилища в верхний:

1 – рыбоаккумулятор; 2 – контейнер; 3 – побудительное устройство;  
4 – ихтиологическая площадка; 5 – сопрягающая площадка; 6 – сетчатый затвор

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение верховины?
2. Что представляет собой уловитель?
3. Какие Вы знаете типы рыбозаградителей?
4. Перечислите типы рыбозащитных сооружений.
5. Каково назначение рыбоходов и рыбоподъемников?

## ГЛАВА 6. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ПРУДОВЫХ РЫБОВОДНЫХ ХОЗЯЙСТВ

Гидротехнические сооружения в прудовом рыбоводном хозяйстве предназначены для снабжения прудов достаточным количеством воды; наполнения и спуска отдельных прудов с помощью водоподающей и водосбросной систем каналов, люков, шлюзов и других сооружений; обеспечения транспортной связи внутри хозяйства и вне его; удобства, эксплуатации хозяйства.

К гидротехническим сооружениям в прудовом рыбоводстве относят земляные плотины и дамбы; паводковые водосбросы; донные водоспуски; водоподающие, сборные и рыбосборно-осушительные каналы; сооружения на каналах (водовыпуски, быстротоки, перепады, дюкеры, перегораживающие сооружения и рыбозащитные устройства), рыбоуловители, верховины, насосные станции и др.

**Плотины и дамбы.** Плотины возводят для задерживания и подъема уровня воды путем перегораживания русла рек, оврагов и балок. В зависимости от используемого строительного материала плотины бывают земляные, бетонные, каменные и др. В рыбоводных хозяйствах строят в основном земляные плотины с креплением или без крепления откосов. При проектировании плотины устанавливают размеры ее основных элементов: ширину гребня, превышение гребня над нормальным подпорным уровнем, уклоны откосов.

Головную плотину строят такой высоты, при которой образуется головной пруд с объемом воды, гарантирующим удовлетворение потребностей хозяйства при постоянном водотоке. Створ плотины выбирают в наиболее узком месте поймы с плотным водонепроницаемым грунтом, где нет выхода родников и ключей. Ширину гребня плотины назначают, исходя из условий ее эксплуатации, но не менее 3 м.

Дамбы возводят при строительстве пойменных прудов. Дамбы в зависимости от назначения бывают контурные, водооградительные и разделительные. Контурные дамбы обваловывают территорию поймы, где размещены рыбоводные пруды, и предназначены для защиты прудов от паводковых вод.

Разделительные дамбы устраивают между двумя смежными прудами. Для защиты территории рыбхоза от затопления строят водооградительные дамбы.

В процессе эксплуатации земляные плотины и дамбы могут деформироваться и разрушаться. Наибольшую опасность при этом представляют фильтрация, накат волны, вследствие которых могут

произойти прорывы, оползни и другие разрушения. При сильных волнобоях откос плотины со стороны господствующих ветров дополнительно защищают специальными креплениями. Для крепления верховых откосов плотин нагульных и головных прудов используют сборные и монолитные железобетонные плиты, хворостяные крепления. Низовой откос плотин обычно засевают травами. Железобетонные плиты на откос плотин и дамб укладывают, как правило, при строительстве или реконструкции прудов. Хорошо защищают дамбы и плотины от волн и размыва тростник и камыш. Верхнюю часть верхового откоса в низовой откос обычно засевают травами.

**Водоподающие сооружения.** Они предназначены для подачи воды от источника водоснабжения до прудов. В прудовых хозяйствах подачу воды осуществляют через каналы, трубопроводы и лотки.

Система водоподающих каналов включает магистральные и распределительные каналы. В голове каналов или трубопроводов устраивают водозаборные сооружения, которые представляют собой открытые шлюзы-регуляторы или трубчатые водоспуски. Перед головными водозаборами устраивают решетки для предохранения от попадания в пруды сорной рыбы. Подача воды из каналов в пруды производится через водовыпуски. Входное отверстие водоспуска перекрывают сеткой, чтобы сорная рыба не попадала из канала в пруд.

Размеры канала (его пропускную способность) рассчитывают в соответствии с тем количеством воды, которое требуется при максимальном расходе, с запасом на то, чтобы он не переполнялся.

**Водосбросные сооружения.** Водосбросные сооружения в плотинах предназначены для сброса излишней воды из водохранилищ или прудов. Основное их назначение – сброс весеннего паводка; это наиболее ответственный период в эксплуатации плотин и водосбросных сооружений.

Перед паводком в головных прудах горизонт следует понизить, что позволит уменьшить напор и пропустить пик паводка при меньшем направлении на гидросооружения.

**Водоспускные сооружения** предназначены для полного спуска из пруда в период облова рыбы, регулирования уровня воды в течение сезона выращивания её и создания необходимой проточности. Их располагают в теле дамбы и плотины или в берегах русловых прудов в наиболее глубокой части водоема.

Донные водоспуски (рис. 6.1) работают под значительным напряжением, поэтому при эксплуатации им следует уделять большое внимание. Чаще всего наблюдается фильтрация вдоль трубы лежака. Поэтому участок

переднего оголовка стояка и трубы засыпают глинистым грунтом и тщательно трамбуют. Откосы дамб или плотин за выходной частью донного водоспуска, чтобы не допустить размыва, необходимо укрепить.

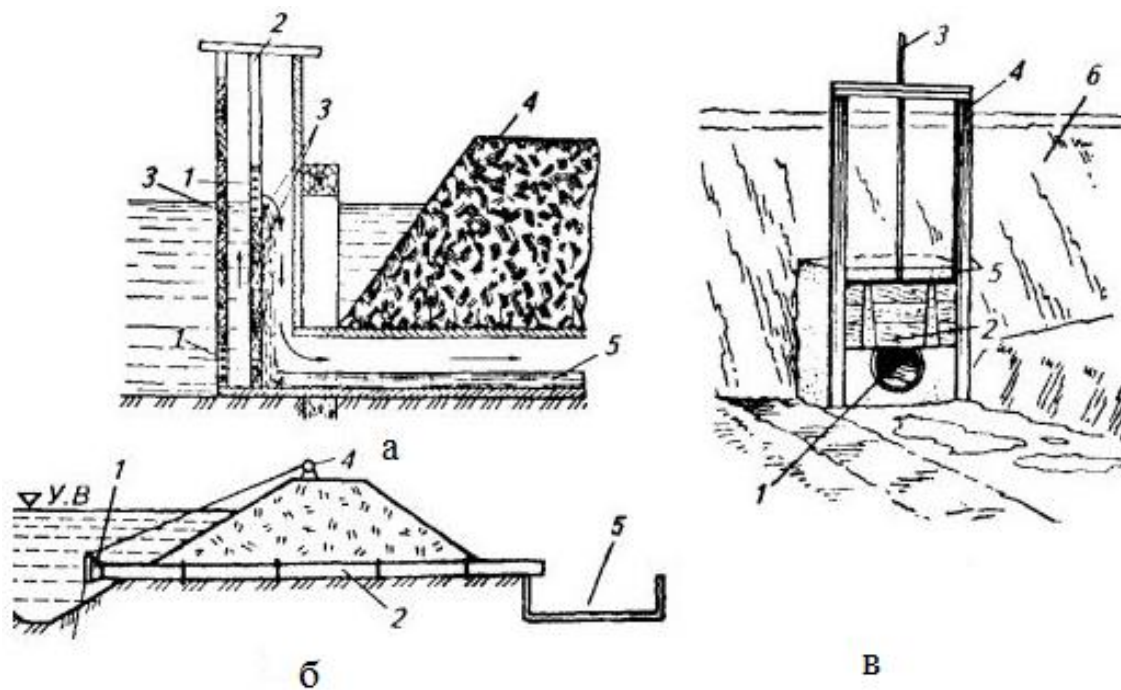


Рис. 6.1. Донные водоспуски:

- а – обычный: 1 – решетка; 2 – стояк; 3 – щитки; 4 – плотина; 5 – лежак;  
 б – упрощенного типа: 1 – оголовок; 2 – лежак; 3 – клапанный затвор; 4 – лебедка;  
 5 – рыбоуловитель; в – без стояка: 1 – отверстие трубы; 2 – щит; 3 – стержень для подъема  
 и опускания щита; 4 – пазы для движения щита; 5 – бетонный оголовок;  
 б – низовой откос дамбы

Особый контроль устанавливают за водоспусками зимовальных прудов. Постоянно складывают лед у стояков с шандор и решеток, обнаруженные в насыпи трещины от мороза немедленно заделывают талым грунтом.

При отсутствии донных водоспусков применяют сифоны (сифонные водоспуски)

**Устройство ложа пруда.** Одно из основных требований, предъявляемых к рыбоводным прудам при их эксплуатации, – полная их осушаемость. Это достигается устройством по ложу прудов системы осушительных каналов, предназначенных для отвода воды с ложа пруда, сброса грунтовых вод, осушения поверхностного слоя грунта, а также для направления рыбы в рыбоуловители при осеннем ее облове. Осушительная сеть состоит обычно из центрального канала и входящих в него боковых каналов (рис. 6.2).

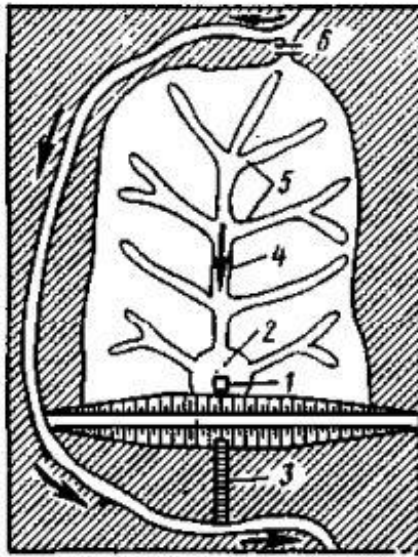


Рис. 6.2. Осушительная сеть:  
 1 – донный водоспуск; 2 – яма для сбора рыбы; 3 – лежак;  
 4 – центральный водосборный канал; 5 – боковые каналы; 6 – шлюз

Каналы прокладывают так, чтобы все пониженные участки ложа пруда полностью осушались. Осушительную сеть каналов ежегодно очищают от ила и наносов до полного восстановления проектного профиля.

**Рыбоуловители.** Для вылова рыбы из пруда и кратковременного ее хранения используют рыбоуловители. Конструкции рыбоуловителей бывают различными в зависимости от величины пруда и количества находящейся в ней рыбы. Простейший рыбоуловитель представляет собой удлиненный ящик с отверстиями или щелями в боковых стенках для стока воды, устанавливаемый за лежаком водоспуска (рис. 6.3, 6.4).

Такие рыбоуловители применяют для облова нерестовых и мальковых прудов.

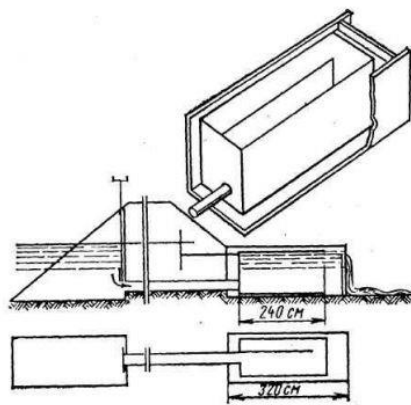


Рис. 6.3. Мальковый уловитель

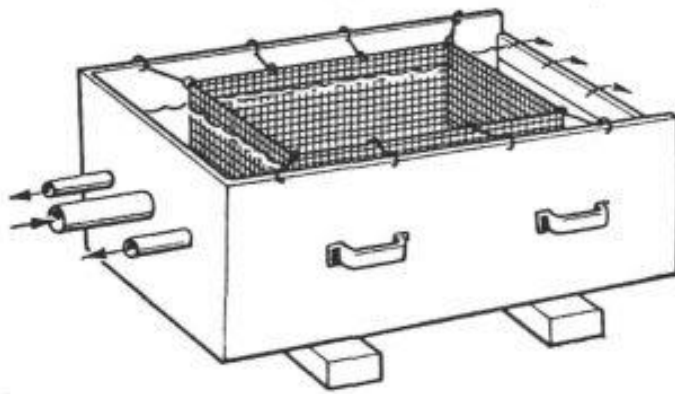


Рис. 6.4. Уловитель мальков

Рыбоуловители для вылова рыбы из выростных и нагульных прудов делают обычно стационарными, используя участок земляного канала, укрепляя его бетоном или железобетоном. Иногда рыбоуловители располагают параллельно сбросному каналу (рис. 6.5).

По типовому проекту рыбоуловитель представляет собой канал с шириной по дну 7–14 м, глубиной 1 м, длиной 35–130 м. Отношение массы рыбы к объему воды принимают 1:4, при содержании рыбы в рыбоуловителе более одного месяца отношение массы рыбы к объему воды должно составлять 1:8. В рыбоуловителе должна быть обеспечена постоянная проточность. Источниками водоснабжения рыбоуловителей служат река или пруд с самотечной или механической подачей воды.

Перед наполнением рыбоуловителя рыбой, в него устанавливают решетки с ячейей различного диаметра для ее сортировки.

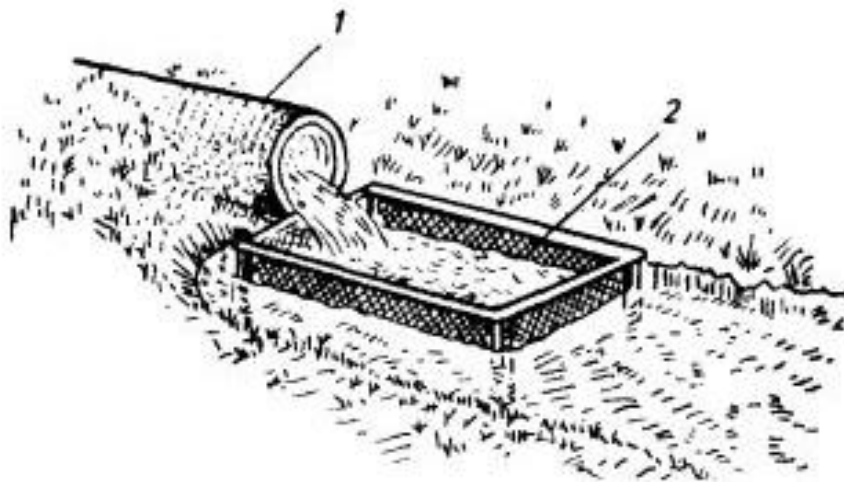


Рис. 6.5. Простейший рыбоуловитель для мальков:  
1 – труба водоспуска; 2 – лоток рыбоуловителя

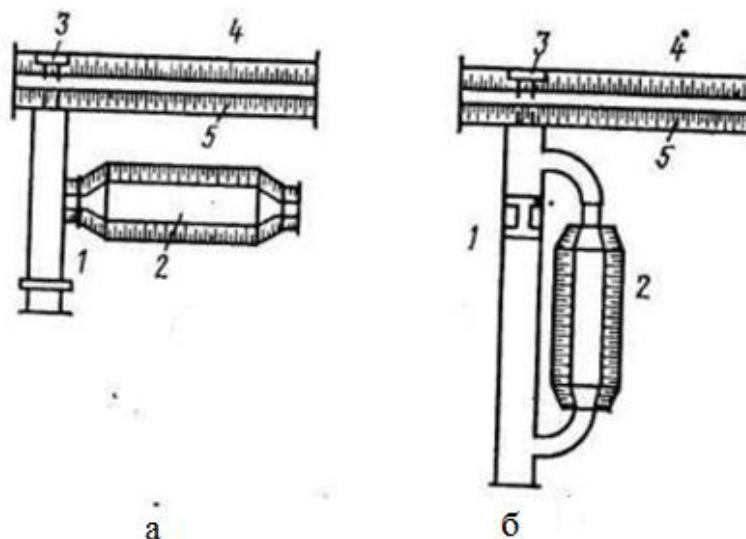


Рис. 6.6. Рыбоуловитель стационарный:

- а – размещенный параллельно дамбе; б – размещенный параллельно сборному каналу;  
 1 – перегораживающее сооружение; 2 – рыбоуловитель;  
 3 – донный водоспуск; 4 – пруд; 5 – дамба пруда

Применение рыбоуловителей для вылова рыбы из прудов сокращает затраты труда и значительно ускоряет этот трудоемкий процесс [1; 5; 6].

### Контрольные вопросы

1. Каково назначение плотин и дамб?
2. Что представляет собой рыбоуловитель стационарный?
3. Какие Вы знаете типы рыбоуловителей?
4. Каково назначение водосбросных сооружений?
5. Каково назначение водоспускных сооружений?

## ГЛАВА 7. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ

Климатические условия большинства районов России позволяют производить рыбную продукцию в прудовых условиях только в летний период. В зимний же период, который иногда продолжается до 7 месяцев, теплолюбивые и близкие к ним рыбы не только не увеличивают свою массу, но и снижают ее. Это обстоятельство заставляет искать пути создания иных технологий выращивания рыбы. В 40–50-е годы XX в. обратили внимание на теплые воды различного происхождения: геотермальные, сбросные теплые воды энергетических предприятий. Температура таких вод иногда достигает 42 °С.

Использование теплых вод позволило создать новое направление в рыбоводстве – индустриальное, в котором применяют своеобразные гидротехнические сооружения, подчиненные задачам данного направления рыборазведения. Для производства рыбной продукции чаще используют сбросные теплые воды энергетических предприятий, которые построены во всех регионах России, тогда как геотермальные воды имеют значительно меньший ареал. Геотермальные воды чаще используют для снабжения обычных прудов, в которых строят обычные для прудовых хозяйств гидросооружения. Кроме того, дебит геотермальных вод ограничен. Источником теплых вод промышленных предприятий чаще выступают ТЭЦ, ГРЭС и АЭС. На тепловых станциях образуются два вида воды: котловая и теплая сбросная. Котловая вода проходит специальную химическую обработку, и она по существу дистиллированная. По объему она занимает 2–8 % от всей воды, потребляемой электростанцией. В котлах эта вода превращается в пар, который необходим для выработки электроэнергии. Для охлаждения пара применяют различные системы охлаждения – прямоточные и оборотные.

**Прямоточные.** При этой системе для охлаждения пара, масла в маслоохладителях, газа в газоохладителях используют воду из достаточно мощных речных систем (рис. 7.1).

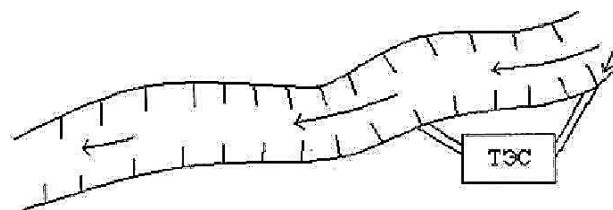


Рис. 7.1. Схема прямоточного водоснабжения



Воду забирают выше по течению реки от тепловой станции, а после охлаждения пара сбрасывают вниз по течению. Охлаждающая вода имеет температуру на 8–12 °С выше по сравнению с естественной. Теплая вода на станцию не возвращается. Такая система позволяет строить садковые хозяйства вблизи устья сбросного канала. Возможно и устройство бассейновых хозяйств.

**Оборотные.** В том случае, когда водоисточник незначителен, сбросная теплая вода поступает в водоемы-охладители: водохранилища, пруды. При отсутствии крупного водоисточника нагретую воду охлаждают при помощи градирен, брызгальных бассейнов.

**А. Водоемы-охладители,** величина которых может достигать нескольких тысяч гектаров, в виде водохранилищ применяют в том случае, когда дебит реки незначителен (рис. 7.2).

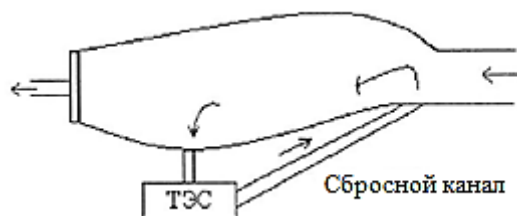


Рис. 7.2. Водоемы-охладители

Сбросная вода по каналу поступает в вершину водохранилища, где она постепенно охлаждается и вновь поступает в водозаборное сооружение ТЭС. В устье канала строят садковое хозяйство. Возможно выращивание рыбы в водохранилище и озерным методом;

**Б. Пруды-охладители** применяют при невозможности построить водохранилища (рис. 7.3).

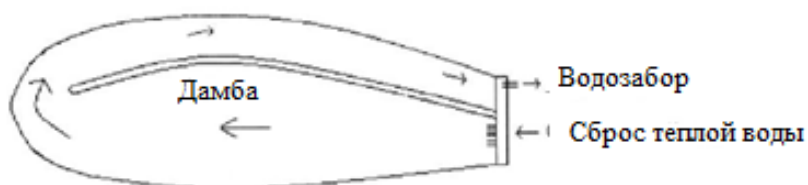


Рис. 7.3. Пруд-охладитель

Строят пруды-охладители вблизи небольших рек, из которых в паводок подают в них воду для промывки и поднятия уровня воды. Размеры прудов зависят от объема сбросной воды. Площадь их рассчитывают из показателя

30–40 м<sup>2</sup> / 1 м<sup>3</sup> ч. Такие пруды используют для создания садкового хозяйства или организации нагула в них товарной рыбы. Нагул рыбы в прудах-охладителях производят прудовым методом. В этом случае предусматривают ежегодное направленное формирование комплекса ценных видов рыб со значительной долей растительноядных. Они снижают чрезмерное развитие фитопланктона и высшей водной растительности. В этом случае дополнительных гидросооружений в водоеме не предусматривают.

**В. Градирни и брызгальные бассейны** строят при незначительном водоисточнике. В градирнях подогретая вода охлаждается, падая через толщу воздуха с большой высоты (до 50–70 м). В брызгальных бассейнах охлаждение подогретой воды производят с помощью специальных флейт, расположенных над бассейнами. При таком способе охлаждения подогретой воды возможно устройство бассейновых хозяйств небольшой мощности. К настоящему времени существуют несколько типов промышленных хозяйств – садковые, бассейновые.

### **Садковые хозяйства**

Садковые хозяйства размещают вблизи сброса теплой воды. В любом варианте системы охлаждения сбросной воды организуют прямоточное водоснабжение садков. При устройстве садковых хозяйств руководствуются следующими положениями. Садки устанавливают в местах с глубиной воды не менее 3 м. Температура воды в месте установки садков должна соответствовать биологическим потребностям выращиваемой рыбы. Скорость течения воды, проходящей через садки, не должна быть ниже 0,1 м/с. В противном случае в садках наблюдается дефицит кислорода. Площадь садков соотносится к площади охладителя, за исключением прямоточного охлаждения подогретой воды, не менее 1 : 1000. При меньшем соотношении наблюдается чрезмерное развитие фитопланктона, увеличение растворенной органики, что чревато снижением мощности электростанции. По конструктивному решению садковые хозяйства делят на стационарные и плавающие. Стационарные садки крепят на сваях. Их устройство возможно, если уровень воды в водоеме постоянный в течение всего года. В нашей стране распространение получили плавающие садковые хозяйства. Плавающие садковые хозяйства состоят из так называемых садковых линий, образованных из понтонных секций различной грузоподъемности. Основу понтонных секций составляют металлические трубы большого диаметра или поплавки – кранцы. В нашей стране используют металлические трубы, окрашенные водостойкой краской.

Примером устройства садковой линии может служить Беловское хозяйство Кемеровской области. Линия состоит из нескольких понтонных секций. Каждая секция имеет четыре металлические трубы диаметром 720 мм. Длина каждой трубы 12 000 мм. Две трубы жестко соединены металлическими полосами разного профиля и разделены на четыре окна для садков из делевого полотна. Образуется один ряд садков. Вторые две трубы диаметром 720 мм, разделенные подобным образом, образуют второй ряд садков. Оба ряда садков соединяются жестко металлическими трубами или швеллерами, на которые укладывают настил из 3 м. По краям понтонной секции – толстые доски или металл. Образуется проезд между рядами садков понтона. Ширина проезда 3000 мм. Понтон имеет массу с нагрузкой (транспортные средства, кормушки, рабочие) 14 251 кг. Ее грузоподъемность равна 19 288 кг.

Каждая секция соединена с другой цепями таким образом, чтобы можно было разместить их в зависимости от мощности хозяйства. Образованную понтонными секциями садковую линию крепят на одном месте с помощью якорей. Такое крепление позволяет при необходимости передвигать линию на новое место. При охлаждении подогретой воды с широким фронтом (река, ряд труб) садковую линию устанавливают перпендикулярно потоку воды. В этом случае проезд кормораздатчика и других механизмов организуют с одного берега на другой. В больших охладителях водохранилищного типа садковые линии располагают по ходу движения транспорта и кормораздатчиков (рис. 7.4). Одну из секций устанавливают вблизи берега и на нее с берега делают съезд.

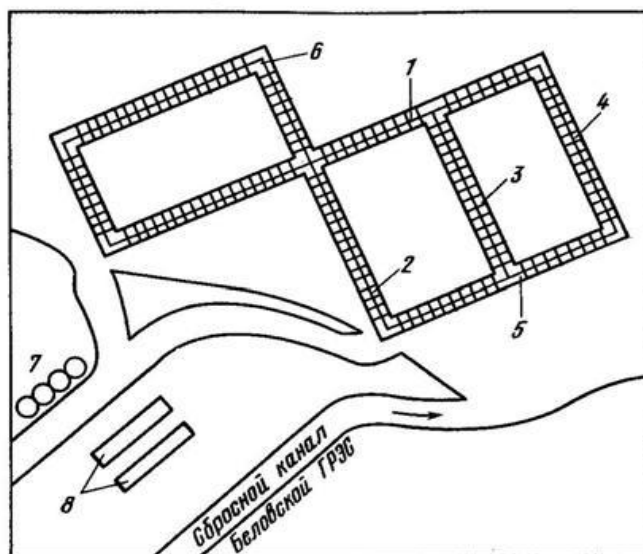


Рис. 7.4. Расположение садков рыбоводного хозяйства на Беловской ГРЭС:  
 1–6 – садковые линии; 7 – береговые механизированные склады кормов;  
 8 – ремонтно-механические мастерские

На берегу расположены склады для корма, административное помещение, инкубационный цех, иногда небольшие пруды для подращивания молоди рыб, помещение для транспорта хозяйства.

### Бассейновые хозяйства

Они отличаются от садковых тем, что в них отсутствует сезонность в производстве рыбной продукции, поскольку создаются необходимые условия для жизни выращиваемой рыбы. Это постоянный температурный режим, высокое содержание в воде кислорода и удаление из бассейнов метаболитов рыб и остатков их корма. В связи с этим в бассейновых хозяйствах применяют ряд специфических сооружений. Прежде всего, это своеобразно устроенные бассейны. Для их устройства используют различные материалы: железобетон, черный металл и нержавеющей сталь, пищевой дюралюминий, стекловолокно, пластмассу. По конструкции бассейны выполняют в прямоугольной и круглой формах. Некоторые бассейны, особенно круглые, так называемые силоса, достигают высоты 3 м. При любой форме бассейна его конструкция обеспечивает удаление остатков корма и метаболитов рыб (рис. 7.5).

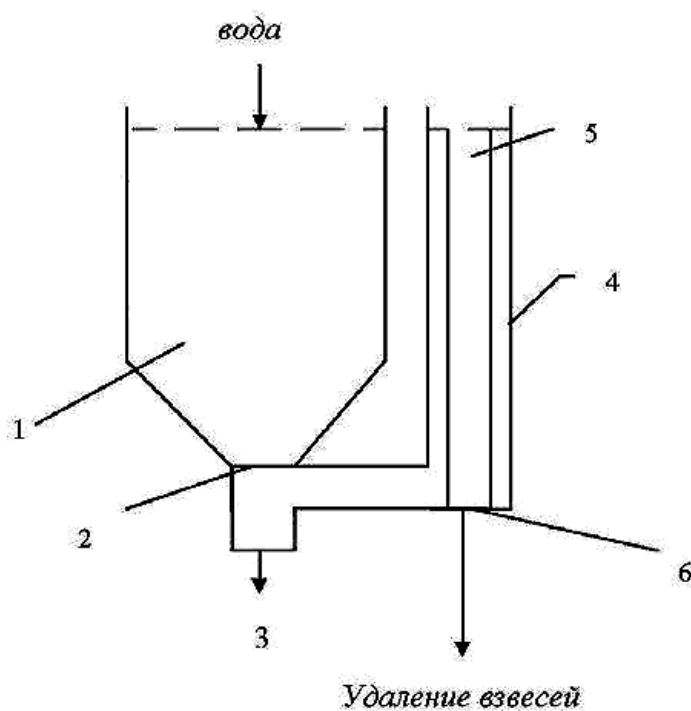


Рис. 7.5. Круглый бассейн:

1 – корпус с конусным дном; 2 – решетка; 3 – сбросная труба с краном; 4 – труба большего диаметра; 5 – труба меньшего диаметра; 6 – окно

Работает бассейн в автоматическом режиме, за исключением удаления твердых частиц, осевших на дно бассейна. Вода поступает в бассейн сверху или в отверстия в его стенке, проходит через донную решетку, поднимается по трубе большого диаметра и переливается в трубу меньшего диаметра. При этом уровень воды в бассейне постоянный. Для удаления донных отложений поднимают на некоторое время трубу меньшего диаметра, и вода из бассейна с большой скоростью уходит сквозь образовавшееся окно. При этом она смывает донные отложения. Затем труба меньшего диаметра опускается и перекрывает окно, и вода вновь переливается через верх трубы меньшего диаметра.

Подогретая вода имеет температуру, намного превышающую оптимальную для выращиваемой рыбы. Поэтому ее разбавляют холодной водой. Эту работу производят автоматы согласно заданной программе. Перед подачей термостатированной воды в бассейн она насыщается кислородом, так как в подогретой воде его мало. Эту операцию осуществляют в специальных оксигенаторах (рис. 7.6). Водоснабжение бассейнов может быть прямоточное, обратное и замкнутое. При прямоточном водоснабжении вода проходит через бассейн и уходит безвозвратно по сбросному каналу. Его применяют в том случае, если в подогретой и холодной воде больше потребности бассейнового хозяйства.

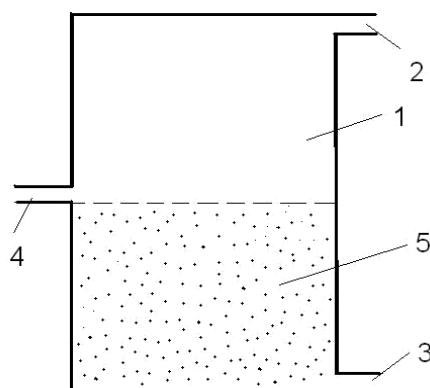


Рис. 7.6. Схема оксигенатора: 1 – корпус; 2 – патрубок для подачи воды; 3 – патрубок для подачи кислорода; 4 – патрубок для слива воды, насыщенной кислородом; 5 – загрузка

Оборотное водоснабжение применяют при недостатке подогретой воды. В этом случае вода из бассейнов поступает в бассейн-отстойник, где происходит осаждение твердых частиц, а затем вновь проходит термостатирование, оксигенацию и поступает в бассейны. При обратном водоснабжении одна и та же масса воды используется несколько раз.

Затем большую часть ее заменяют на новую. Замкнутое водоснабжение бассейнов не зависит от подогретой воды тепловых электростанций. Ее подогревают в самом хозяйстве. После подогрева она также проходит процесс оксигенации. Воду из бассейнов вначале очищают от твердых частиц, а затем она поступает на биологическую очистку. После этого ее вновь подогревают и оксигенируют. Ежедневно в бассейны поступает только до 5 % от общего объема воды в системе.

### Инкубационный цех

Инкубационный цех в промышленных хозяйствах – необходимый элемент технологического процесса производства рыбной продукции. У некоторых рыб потомство можно получить только в заводских условиях, а у карпа (при полициклическом выращивании товарной рыбы) потомство воспроизводят в разные сезоны года (рис. 7.7).

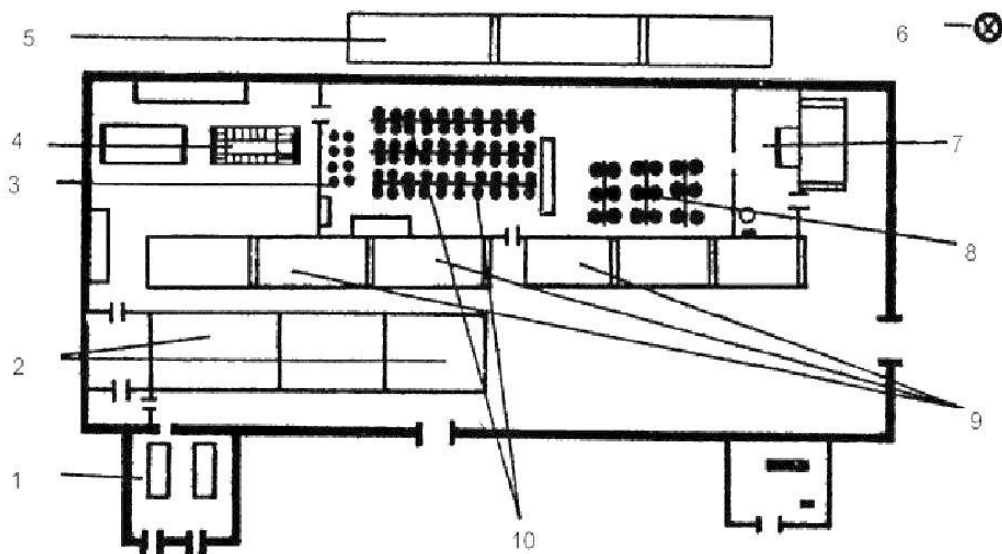


Рис. 7.7. Инкубационный цех:

- 1 – котельная; 2 – баки для подогрева воды; 3 – аппараты для обесклеивания икры; 4 – садки для индивидуального содержания самок после инъекций; 5 – пруд-накопитель; 6 – скважина; 7 – участок упаковки личинок; 8 – аппараты выдерживания личинок до перехода на внешнее питание; 9 – бассейны для преднерестового содержания производителей; 10 – инкубационные аппараты Вейса

Устройство инкубационного цеха зависит от мощности промышленного хозяйства и набора разводимых видов рыб. В отличие от прудовых хозяйств, в инкубационном цехе промышленного хозяйства возможно отсутствие специального устройства для подогрева воды.

Инкубационный цех включает в себя следующие помещения:

1. Помещения с бассейнами для подготовки производителей к нересту и бассейнами для инъектированных рыб. Бассейны строят из различного материала, а размер их зависит от биологии разводимой рыбы.

2. Помещение для взятия икры у самок и осеменения ее молоками самцов.

3. Помещение для инкубации икры. Применяемые аппараты зависят от вида рыб. Для карповых рыб – аппараты Вейса с бассейнами или лотками для выдерживания, для осетровых – «Осетр» и т.д.

4. Помещение с бассейнами или лотками для выдерживания личинок и подращивания молоди.

Кроме того, в инкубационном цехе должны быть лаборатория и склад для оборудования [11].

### **Установки для выращивания рыбы с замкнутым циклом водоснабжения**

Строгие экологические ограничения, направленные на минимизацию загрязнений от рыбоводных заводов и аквакультурных хозяйств, в различных странах мира послужили стимулом к быстрому технологическому развитию установок замкнутого водоснабжения (УЗВ). Кроме того, рециркуляция воды обеспечивает более высокое и стабильное производство продукции аквакультуры с меньшим риском возникновения болезней, а также лучшие возможности для контроля параметров, влияющих на рост, в инкубационных цехах. Аквакультура в установках замкнутого водоснабжения, по сути, является технологией для выращивания рыб или других водных организмов с повторным использованием воды для целей производства. Данная технология основана на применении механических и биологических фильтров и, в сущности, может использоваться для выращивания любых объектов аквакультуры, например, рыб, креветок, двустворчатых моллюсков и т.д. Тем не менее, рециркуляционные технологии применяются, главным образом, в рыбоводстве. УЗВ используются в широком спектре производственных единиц: от огромных промышленных предприятий, производящих много тонн рыбы в год, до небольших специализированных систем, используемых для пополнения запасов или для спасения исчезающих видов.

Установки с замкнутым водооборотом являются системами, в которых вода после механической и биологической очистки используется повторно для уменьшения выпуска питательных веществ в окружающую среду и потребности в воде и энергии.

В УЗВ, как правило, входят рыбоводные емкости, устройства для очистки и аэрации воды, кормораздатчики, приборы для контроля и управления параметрами качества воды (рис. 7.8). В случае, когда источник подпитываемой воды не отвечает рыбоводным требованиям, вводится блок водоподготовки.

Одним из побудительных мотивов создания замкнутых установок явилась возможность выращивания полезных растений на технологической воде рыбоводных установок. В отличие от установок гидропонного выращивания растений, совместное культивирование рыбы и растительных культур в интегрированных системах получило название аквапоники. В условиях аквапонной установки имеет место дополнительная очистка воды за счет прямого поглощения и усвоения ионов азота корнями растений.

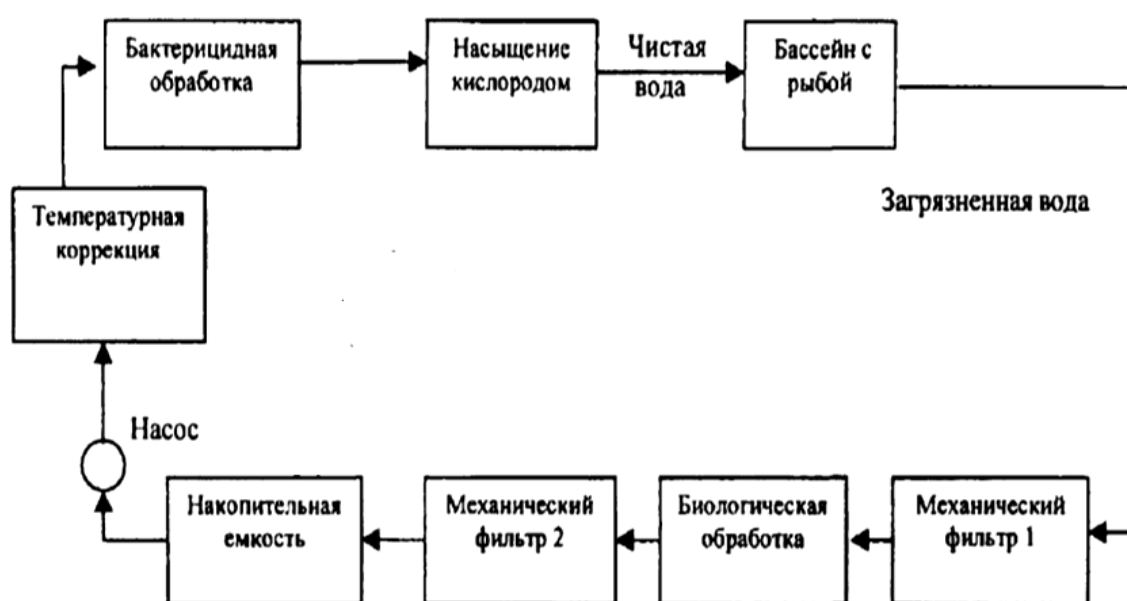


Рис. 7.8. Структурная схема устройства с замкнутым типом водооборота

### Рыбоводные бассейны

Условия в рыбоводных бассейнах (как качество воды, так и их конструкция) должны соответствовать потребностям рыб (табл. 7.1).



Преимущества бассейнов различных конструкций  
(по 5-балльной шкале)

Свойства	Круглый	Овальный	Прямоугольный
Способность к	5	4	3
Малое время пребывания	5	4	3
Контроль и регуляция	5	5	4
Использование	2	4	5

Правильный выбор конструкции бассейнов, т.е. размера и формы, глубины воды, способности к самоочищению и т.д., может иметь значительное влияние на эффективность выращивания объектов рыбоводства (рис. 7.9).

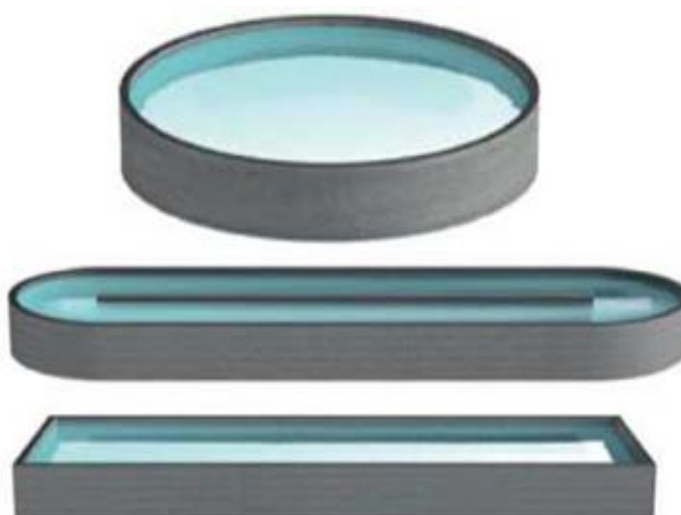


Рис. 7.9. Круглый, овальный и прямоугольный типы бассейнов

Если рыбы ведут донный образ жизни, наиболее важной является площадь поверхности, а глубина воды и скорость течения могут быть снижены (тюрбо, морской язык или другие камбалообразные), тогда как для пелагических видов, например, лососевых, большой объем воды является более благоприятным и эффективность их выращивания бывает выше при большей скорости течения воды.

В круглом или квадратном бассейне со срезанными углами, вследствие гидравлических закономерностей и гравитационных сил, время пребывания органических частиц является относительно коротким, порядка нескольких минут, и зависит от размера бассейна. Весь водяной столб в бассейне

вращается вокруг центра. Вертикальный водозабор с установкой для горизонтального регулирования является эффективным средством контроля течения в подобных бассейнах.

В прямоугольном бассейне не могут быть созданы гравитационные силы для обеспечения течения, а гидравлика не имеет положительного эффекта на удаление частиц. С другой стороны, если рыбоводный бассейн эффективно зарыблен, способность бассейна данного типа к самоочищению зависит в большей мере от активности рыб, чем от конструкции бассейна. Во всех типах бассейнов уклон дна не влияет на способность к самоочищению, но при спуске бассейна он помогает полностью спустить воду.

По сравнению с прямоугольными круглые бассейны занимают много места, что повышает стоимость строительства здания. Срезав углы квадратного бассейна мы получим восьмиугольную форму, лучше использующую пространство, чем круглые бассейны, но одновременно обеспечивающую те же положительные гидравлические эффекты. Важно отметить, что при постройке крупных бассейнов предпочтение всегда отдается круглой форме, поскольку она является наиболее прочной конструкцией, а также наиболее дешевым способом сооружения емкостей для рыбы.

Тип бассейнов, занимающий промежуточное место между круглыми и прямоугольными, так называемый овальный бассейн, также совмещает способность к самоочищению круглых бассейнов и эффективное использование пространства, типичное для прямоугольных бассейнов.

Однако на практике данный тип бассейнов используется редко, предположительно потому, что его установка требует дополнительной работы и новых методов иметь значительное влияние на эффективность выращивания объектов рыбоводства.

### **Механическая фильтрация**

Как показывает опыт, механическая фильтрация воды, вытекающей из рыбоводных бассейнов, является единственным практичным методом удаления органических отходов. Сегодня почти все хозяйства, использующие УЗВ, фильтруют воду, вытекающую из бассейнов, с помощью так называемого «микросита», снабженного фильтровальной тканью с размером пор 40–100 микрон. Механические барабанные фильтры обеспечивают эффективную систему фильтрации воды путем удаления твердых частиц (рис. 7.10).

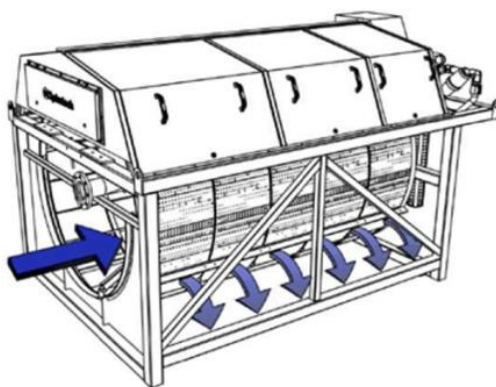


Рис. 7.10. Барабанный фильтр

Функционирование барабанного фильтра:

1. Фильтруемая вода поступает в барабан.

2. Вода профильтровывается через фильтровальные элементы барабана.

Движущей силой фильтрации является разница уровней воды внутри и вне барабана.

3. Твердые частицы задерживаются на фильтровальных элементах и поднимаются к зоне обратной промывки вследствие вращения фильтра.

4. Вода распыляется из промывочных форсунок, расположенных с внешней стороны фильтровальных элементов. Удаленное органическое вещество вымывается из фильтровальных элементов на шламовый поддон.

5. Шлам вытекает самотеком вместе с водой из фильтра и удаляется с рыбного хозяйства для внешней очистки сточной воды.

Фильтрация с использованием микросит имеет следующие преимущества:

- снижение органической нагрузки биофильтра;
- повышение прозрачности;
- улучшение условий нитрификации, поскольку биофильтр не забивается;
- стабилизирующее воздействие на процессы биофильтрации.

### **Биологическая фильтрация**

Биологическая фильтрация – важнейший этап очистки воды от органических загрязнений, полученных в результате жизнедеятельности рыб. От эффективности процессов биологической очистки напрямую зависит скорость роста, а при превышении определенных концентраций веществ и жизнь гидробионтов.

Эффективность биофильтрации зависит, главным образом, от следующих факторов:

- температуры воды в системе;
- уровня рН в системе.

В биофильтрах обычно используется пластмассовый наполнитель с большой площадью поверхности на единицу объема биофильтра (рис. 7.11). Бактерии растут на наполнителе, образуя тонкую пленку и, таким образом, занимая очень большую площадь. В хорошо спроектированном биофильтре площадь поверхности на единицу объема должна быть как можно больше, однако биофильтр не должен быть наполнен слишком плотно, чтобы не забиться органическим веществом в процессе эксплуатации. Поэтому важно иметь высокий процент свободного пространства, через которое может протекать вода, а также хорошее течение через биофильтр и подходящую процедуру обратной промывки. Подобные процедуры обратной промывки должны применяться через подходящие промежутки времени, раз в неделю или месяц, в зависимости от нагрузки на фильтр.

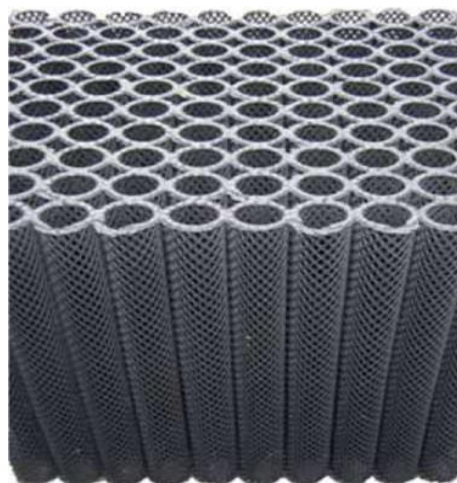


Рис. 7.11. Биофильтры BioKa 600

Биофильтры УЗВ могут быть спроектированы как фильтры с плавающей или неподвижной загрузкой (рис. 7.12). Все биофильтры, используемые сегодня в рециркуляции, при эксплуатации полностью погружены в воду. В фильтрах с неподвижной загрузкой пластмассовый наполнитель закреплен и не движется. Вода протекает через него ламинарным потоком и соприкасается с бактериальной пленкой. В фильтрах с плавающей загрузкой пластмассовый наполнитель движется в воде, находящейся внутри биофильтра, за счет течения, созданного нагнетаемым внутрь воздухом. Из-за постоянного движения наполнителя фильтры с плавающей загрузкой могут быть наполнены плотнее, чем фильтры с неподвижной загрузкой, благодаря чему достигается более высокая скорость оборота воды на единицу объема биофильтра.



а



б

Рис. 7.12. Загрузки для биофильтров, используемые в УЗВ:  
а – плавающая загрузка, б – неподвижная загрузка

### Дегазация, аэрация и зачистка

Перед возвращением воды в рыбоводные бассейны необходимо удалить из нее скопившиеся газы. Этот процесс дегазации осуществляется либо путем аэрации воды, либо методом, который часто называют зачисткой. В воде в наибольшей концентрации содержится углекислый газ от дыхания рыб и бактерий из биофильтра, а также присутствует свободный азот ( $N_2$ ).

Накопление углекислого газа и азота отрицательно влияет на здоровье и рост рыб. В анаэробных условиях может производиться сероводород, особенно в системах с морской водой. Этот газ исключительно токсичен для рыб, даже в малых концентрациях, поэтому, если в системе производится сероводород, рыба гибнет.

Аэрация может осуществляться путем нагнетания воздуха в воду. При этом турбулентное соприкосновение воздушных пузырьков и воды удаляет газы. Эта система подводной аэрации также позволяет одновременно двигать воду, например, при использовании системы с аэрационным колодцем (рис. 7.13). Однако система с аэрационным колодцем менее эффективна в удалении газов, чем система с капельным фильтром. В системе с капельным фильтром газы зачищаются посредством физического контакта между водой и пластмассовым наполнителем, уложенным в колонну. Вода подается на верхнюю поверхность фильтра через распределитель с отверстиями и смывается через пластмассовый наполнитель, обеспечивая максимальную турбулентность и контакт – так называемый процесс зачистки.



Рис. 7.13. Система с аэрационным колодцем

## Оксигенация

Процесс аэрации добавляет в воду некоторое количество кислорода посредством простого обмена газов в воде и воздухе, зависящего от насыщенности воды кислородом. В состоянии равновесия насыщенность воды кислородом составляет 100 %. Когда вода проходит через рыбоводные бассейны, содержание кислорода понижается обычно до 70 %, а в биофильтре оно становится еще ниже. Как правило, аэрация этой воды повышает насыщенность приблизительно до 90 %; в некоторых системах можно достичь 100 %. Однако в поступающей воде часто предпочтительнее иметь насыщенность кислородом, превышающую 100 %, чтобы количество доступного кислорода было достаточным для высокого и стабильного темпа роста рыбы. Для достижения более высоких уровней насыщенности требуется система оксигенации, использующая чистый кислород. Последний часто подается в бассейны в форме жидкого кислорода, но также может производиться на хозяйстве с помощью генератора кислорода. Есть несколько методов получения перенасыщенной воды с содержанием кислорода, превышающим 200–300 %. Обычно используются кислородные конусы (рис. 7.14).

Суть этого метода сводится к тому, что вертикально установленный широкой частью вниз конус является ловушкой для пузырьков газа при движении воды сверху вниз.



Рис. 7.14. Конусный оксигенатор для насыщения воды кислородом

Из-за того, что в узкой части конуса скорость движения воды выше скорости всплывания пузырьков, а в нижней части скорость движения воды ниже этой скорости, газ не может никуда выйти из конуса. Если соотношение газа и воды, а также давление внутри конуса подобраны правильно, то весь введённый в него кислород всецело растворяется в воде.

### Ультрафиолетовое излучение

УФ-дезинфекция основана на применении света с такой длиной волн, которая разрушает ДНК в биологических организмах. В аквакультуре она направлена против патогенных бактерий и одноклеточных организмов. Данный метод обработки используется в медицинских целях в течение десятилетий и не влияет на рыб, поскольку УФ-обработка воды происходит вне рыбоводной зоны (рис. 7.15).

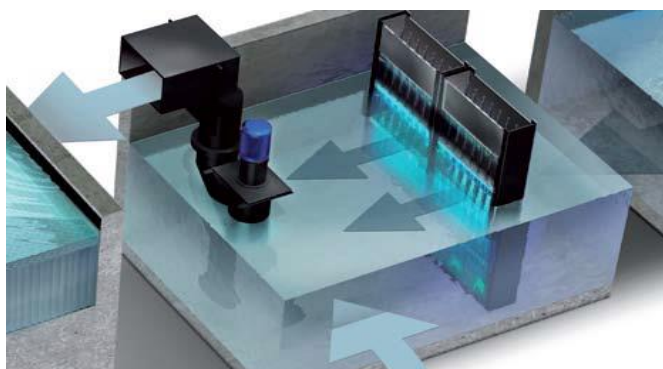


Рис. 7.15. Система для УФ-обработки

Для максимальной эффективности УФ-освещения, используемое в аквакультуре, должно работать под водой.

Доза УФ может быть выражена в различных единицах. Одним из наиболее широко используемых является измерение в микроватт/секундах на  $\text{см}^2$  ( $\text{мкВт} \cdot \text{с}/\text{см}^2$ ). Эффективность зависит от размеров и видов организмов, которые нужно уничтожить, а также от мутности воды. Для контроля бактерий и вирусов вода должна быть обработана приблизительно  $2\,000\text{--}10\,000 \text{ мкВт} \cdot \text{с}/\text{см}^2$ , чтобы убить 90 % организмов; для грибов потребуется  $10\,000\text{--}100\,000$ , а для микроскопических паразитов –  $50\,000\text{--}200\,000 \text{ мкВт} \cdot \text{с}/\text{см}^2$ .

## Озонирование

Озон широко применяется в пресноводной аквакультуре из-за производства полезных продуктов в результате реакции, например, кислорода, а также удаления запаха и просветления воды. Озон – чрезвычайно активный окислитель и очень эффективный дезинфектор.

Применяется для улучшения качества воды путем удаления частиц меньше 30 микрон и окисления бионедegradированных органических молекул (делая их маленькими и более деградированными), нитритов и неподатливых органических молекул.

Озон крайне ядовит для людей и животных (вплоть до летального исхода).

Для применения озона в аквакультуре требуется:

- 1) генератор озона (рис. 7.16);
- 2) контактор озона с водой, в котором происходит его растворение озона в воде;
- 3) камера дезинфекции, где происходит достаточное время удержания озона для дезинфекции;
- 4) разрушитель озона, чтобы быть уверенным, что остаточный озон не попадет в бассейны с рыбой.



Рис. 7.16. Генераторы озона для бассейнов PZ2–2



## **Теплообмен**

Поддержание оптимальной температуры воды в системе выращивания является важнейшей задачей, поскольку скорость роста рыб напрямую связана с температурой воды. Использование поступающей в систему воды является относительно простым методом ежедневной регуляции температуры.

Как правило, регуляция предусматривает подогрев воды. Однако для решения ряда рыбоводных задач требуется охлаждение воды. Например, охлаждение воды с целью задержки нереста. Не исключено, что в районах с достаточно жарким, континентальным летом потребуются охлаждение циркулирующей воды с целью предотвращения гибели рыбы из-за перегрева.

## **Насосы**

Насосами называют машины для создания потока жидкой среды. Насос обеспечивает бесперебойную циркуляцию воды в установке. С помощью насоса обеспечивается проток воды через все элементы системы, обладающие гидравлическим сопротивлением. В зависимости от конструктивных особенностей установки в ней может быть два и более контуров циркуляции.

Всасывание воды насосом происходит в результате образования вакуума в его корпусе. Вакуум заполняется водой под действием атмосферного давления. Максимальная теоретическая высота всасывания равна 10,33 м. Реальная высота всасывания редко превышает 6–7 м [7].

## **Рыбоводные заводы и нерестово-выростные хозяйства**

Предприятия по воспроизводству рыбных запасов выращивают молодь ценных промысловых рыб и выпускают ее в естественные водоемы и водохранилища для сохранения и увеличения их промысловых запасов.

По характеру технологии выращивания молоди эти предприятия делят на две группы: рыбоводные заводы (РЗ) и нерестово-выростные хозяйства (НВХ).

На РЗ и НВХ молодь выращивают до покатной стадии, т.е. до того возраста, когда она в условиях естественного размножения начинает постепенно скатываться с мест нереста к местам нагула. Обычно скат молоди начинается через 1,5–2 месяца после нереста при достижении массы 1–3 г.

Исключение составляют лососевые рыболовные заводы, на которых молодь значительно дольше выращивают до покатной стадии, наступающей обычно у лососевых в возрасте 1–2 года, иногда 3 года и более. Но и здесь есть исключение, например горбуша и кета, достигающие покатной стадии, соответственно, в личиночный период развития и после 1,5–4 месяцев выращивания на лососевом рыболовном заводе (ЛРЗ).

На рыболовных заводах воспроизводят и выращивают молодь проходных, на НВХ – полупроходных и туводных рыб.

Рыболовные заводы подразделяются в зависимости от вида выращиваемых рыб на осетровые, лососевые, сиговые, рыбцовые. Структура РЗ зависит от биотехники разведения и выращивания тех или иных рыб.

### **Осетровые рыболовные заводы**

Состав осетрового рыболовного завода (ОРЗ) зависит от производственных процессов, мощности завода. Количество транспортного, производственного и лабораторного оборудования, подсобных помещений определяется схемой технологического процесса. Различают три метода выращивания молоди на ОРЗ:

- бассейновый (используется на трех заводах – Абаканском, Селенгинском, Ачуевском, а также в настоящее время и ОРЗ на Дону);

- прудовый (является основным);

- комбинированный.

Волжские ОРЗ построены для работы по прудовому методу выращивания молоди (так называемая I группа заводов, например, Бертюльский, Кизанский, Сергиевский) и комбинированному (II группа заводов – Икрянинский, Александровский).

Основные звенья технологического процесса:

- отбор производителей на промысловых тонях и доставка их на РЗ;

- выдерживание производителей, их инъектирование;

- получение икры и спермы, осеменение икры, ее учет, обесклеивание, размещение в инкубационных аппаратах;

- инкубация икры;

- выдерживание предличинок и подращивание личинок;

- выращивание живых кормов (при бассейновом и комбинированном методах);

- выращивание молоди, ее учет;

- выпуск молоди в предустьевые участки рек.

Все производственные здания объединяются в единый хозяйственный центр, который включает:

- цех работы с производителями с:
    - а) отделениями выдерживания производителей с модернизированными садками куринского типа (пруды, бассейны);
    - б) операционным и лабораторным пунктами и складом для инвентаря;
  - инкубационный цех;
  - цех живых кормов;
  - блок вспомогательных помещений (управление завода, гараж, механическая мастерская, склад, лаборатория);
  - объекты энергетического хозяйства;
  - цех бассейнового выращивания;
  - выростные пруды;
  - насосную станцию, систему водоснабжения и очистки воды.
- Производственная мощность осетровых рыбоводных заводов находится в пределах 1–19 млн шт. молоди.

### **Лососевые рыбоводные заводы**

Лососевые рыбоводные заводы – заводы по воспроизводству атлантического лосося. Производственные процессы на ЛРЗ по воспроизводству атлантического лосося включают:

- отлов и транспортировку производителей;
- выдерживание производителей;
- получение половых продуктов (ПП), осеменение икры;
- инкубацию икры;
- выдерживание предличинок;
- подращивание личинок, выращивание сеголетков;
- выращивание годовиков;
- выращивание двухлетков;
- выпуск двухлетков;
- выпуск покатников (в северных районах молодь выращивают до трехлетнего возраста).

ЛРЗ по воспроизводству атлантического лосося состоят из:

- главного производственного корпуса, который включает отделения инкубации икры, подращивания личинок; бассейнового выращивания сеголетков, годовиков, двухлетков; терморегуляторную; кормокухню и кладовые сухих продуктов; холодильные камеры; машинное отделение; бытовые помещения;

- блока вспомогательных цехов;
- административно-технического блока;
- пункта отлова производителей с садками для выдерживания производителей и карантинным садком;
- блока технических служб: насосной станции, хлораторной, водонапорной башни;
- склада горюче-смазочных материалов (ГСМ);
- очистных сооружений.

Мощность ЛРЗ по воспроизводству атлантического лосося составляет от 60 до 300 тыс. покатников.

ЛРЗ по воспроизводству тихоокеанских лососей (кеты и горбуши) включает следующие производственные процессы:

- заготовка производителей;
- сбор ПП, осеменение икры на рыбоводном пункте, транспортировка оплодотворенной икры на ЛРЗ;
- инкубация икры;
- выдерживание предличинок;
- подращивание личинок и выпуск покатной молоди в реку.

Состав ЛРЗ по воспроизводству кеты и горбуши:

- инкубационно-личиночный цех;
- питомник с лабораторией, служебными и бытовыми помещениями;
- система водоснабжения, которая включает головной водозабор, подводный канал, насосную станцию;
- выростной водоем с рыбозащитными сооружениями;
- складские помещения для рыбоводного инвентаря, материальных ценностей, стройматериалов;
- склад ГСМ;
- мастерские, гараж, административное здание;
- пункт сбора икры с забойкой-заграждением, ловушкой, садками для содержания производителей, тепляком (помещением для сбора, осеменения, набухания и упаковки оплодотворенной икры для последующей транспортировки на РЗ).

Типовая мощность ЛРЗ по воспроизводству кеты и горбуши равна 15 млн шт. покатной молоди. Мощность ЛРЗ на Дальнем Востоке колеблется от 1 до 62 млн покатников.

## **Сиговые рыбоводные заводы**

Сиговые рыбоводные заводы (СРЗ) пользуются следующими производственными процессами:

- отлов производителей и доставка их на рыбоводный пункт;
- содержание производителей в садках;
- получение ПП, осеменение икры и транспортировка ее на СРЗ;
- инкубация икры;
- концентрация предличинок и их выдерживание в лотках или бассейнах;
- транспортировка личинок в выростные водоемы, садки или бассейны;
- выращивание сеголетков;
- спуск выростных водоемов, учет сеголетков, транспортировка сеголетков в нагульные водоемы.

Состав СРЗ:

- блок инкубационного цеха с лабораторией;
- личиночные садки или бассейны под навесом;
- выростные пруды, садки в озерах, выростные озера-питомники;
- насосная станция;
- водонапорная башня;
- градирни-аэраторы;
- резервная дизельная электростанция.

Предусматривается также рыбоводный пункт для заготовки производителей, их выдерживания в садках, сбора ПП, осеменения икры, который находится в небольшом помещении на берегу водоема.

Мощность СРЗ достигает сотен тысяч сеголетков [10].

## **Рыбоводные заводы по воспроизводству проходных карповых рыб**

Производственные процессы и состав РЗ по воспроизводству проходных карповых рыб (рыбца, шемаи и кутума) сходны, поэтому рассмотрим их на примере рыбцового РЗ (РРЗ).

Производственные процессы (при заводском методе):

- отлов производителей;
- содержание производителей;
- получение ПП, осеменение икры;
- инкубация икры и получение предличинок;
- выращивание молоди;
- учет молоди и выпуск ее в реку.

Состав РРЗ:

- пункт заготовки производителей;
- инкубационный цех;
- маточные пруды с нерестовыми канавами, садки для содержания производителей;
- выростные пруды;
- хозяйственный центр с подсобными помещениями.

Пункт заготовки производителей оборудуют двумя-тремя прорезями или садками для кратковременного содержания производителей.

Транспортировку производителей осуществляют в прорезях или брезентовых чанах на автомашинах.

Мощность РЗ по воспроизводству проходных карповых рыб составляет сотни тысяч покатников.

На НВХ выращивают молодь полупроходных и туводных рыб для выпуска ее в дельты крупных рек, водоемы лиманного типа и в водохранилища. В зависимости от типа водоемов, в которые выпускают молодь, различают три типа НВХ:

- 1) при водохранилищах;
- 2) в дельтах крупных рек;
- 3) в лиманах и заливах.

Выращивание молоди осуществляется в прудах питомного типа или нерестово-выростных естественных водоемах площадью 50–900 га (в дельтах крупных рек) и площадью несколько тысяч гектаров (в лиманах и заливах) с преобладающими глубинами 0,5–1,5 м, отделенных от реки или водохранилища возвышенными участками или дамбами. Вода поступает в эти водоемы самотеком или с помощью насосных станций.

По технологии различают НВХ с частично управляемым технологическим процессом и НВХ с неуправляемым технологическим процессом, или нерестово-выростные водоемы.

Технологические схемы этих НВХ различаются тем, что на первых из них производителей заготавливают на промысловых тонях, а затем сажают в строго учитываемых количествах в нерестовые пруды, тогда как на вторых производители свободно заходят в нерестово-выростные водоемы из реки или моря, а после нереста свободно скатываются обратно.

На НВХ используются три формы организации технологического процесса:

- 1) нерест производителей, инкубация и выдерживание предличинки происходят в небольших нерестовых прудах, а выращивание молоди с момента перехода на активное питание – в специальных выростных водоемах, получение зрелых ПК;

2) инкубация икры заводским способом (в инкубационных аппаратах), а затем выращивание молоди в выростных водоемах;

3) нерест, инкубация, выдерживание предличинок и выращивание молоди осуществляются в одном водоеме.

### **НВХ при водохранилищах**

На НВХ при водохранилищах занимаются воспроизводством туводных рыб для регулирования видового состава и увеличения рыбопродуктивности водохранилищ. Конечной продукцией этих НВХ являются сеголетки карпа, сазана, леща, судака, растительноядных рыб. Водоснабжение таких НВХ обычно механическое.

Производственные процессы:

- заготовка производителей;
- выдерживание производителей;
- получение половых продуктов, осеменение икры;
- инкубация икры;
- выращивание сеголетков;
- учет и выпуск сеголетков.

В состав НВХ входят:

- цех инкубации икры и получения личинок;
- выростные пруды;
- пруды летнего и зимнего содержания производителей.

### **Энергобиокомплексы**

Энергобиокомплексы (ЭБК) – хозяйства будущего, но отдельные их элементы уже встречаются в рыбоводной практике. Создание энергобиокомплексов – это оптимизация работы электростанции, рыбного хозяйства с другими теплоутилизирующими предприятиями и предприятиями по переработке отходов. В состав ЭБК входят:

- тепловая станция;
- рыбохозяйственные предприятия: садковые, бассейновые, прудовые, нагульное хозяйство на водоеме-охладителе и др.;
- сельскохозяйственные предприятия: теплицы, участки обогреваемых и орошаемых земель;
- микробиологические предприятия по утилизации рыбных и сельскохозяйственных отходов с получением корма для рыб.

В ЭБК применяют гидросооружения прудовых, садковых, бассейновых хозяйств, рыбозащитные и рыбозаградительные устройства, насосные установки и др.

Энергобиокомплексы – пример сочетания интересов получения электроэнергии, пищевой продукции, экономики, охраны окружающей среды. Известно, что  $\frac{2}{3}$  энергии сжигаемого топлива на тепловых станциях уносится с подогретой сбросной водой. Искусственные биологические системы не только избавят человечество от пустых трат тепла, но и предоставят ему полноценные продукты питания. Изолированность таких систем от естественных водоемов и полная утилизация тепла не нарушают экологию окружающей территории [2; 4].

### **Контрольные вопросы**

1. Перечислите источники получения теплых вод для рыбного хозяйства.
2. Что такое сбросная тепловая энергия?
3. В чем отличие бассейнового хозяйства от садкового?
4. Какова схема создания оптимальных условий для рыб в бассейне?
5. Что такое оксигенатор, и каково его устройство?
6. Перечислите и охарактеризуйте основные блоки УЗВ.
7. Охарактеризуйте особенности осетровых, лососевых и сиговых рыбоводных заводов.
8. Какие типовые особенности имеют все рыбоводные заводы?
9. В чем особенности деятельности нерестово-выростных хозяйств?
10. Назовите основные технологические особенности деятельности НВХ.
11. Что называется покатной стадией молоди рыб?
12. Перечислите методы выращивания молоди на осетровых заводах.
13. Какие виды карповых выращивают на рыбоводных заводах?
14. Где обычно располагают НВХ?



## **ГЛАВА 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ**

Гидротехнические сооружения в рыбоводных хозяйствах составляют основную часть капитальных затрат. Срок службы гидросооружений зависит не только от хорошо разработанного проекта и качества строительства, но и от правильной их эксплуатации, т.е. от постоянного надзора и ухода за ними. В большинстве случаев выход из строя гидротехнических сооружений в рыбоводных хозяйствах происходит в результате несвоевременного обнаружения в них дефектов и повреждений. Как правило, выявленные дефекты и повреждения легко устранимы. При введении в эксплуатацию гидросооружений комиссия проводит контрольные испытания. К акту приемки прикладывают технический проект со всеми внесенными при строительстве изменениями, акты на скрытые работы, технические паспорта, эксплуатационные инструкции и др.

### **Общие мероприятия по уходу за гидросооружениями**

Принятые в эксплуатацию пруды заполняют постепенно, не более 0,5 м в сутки. Одновременно наблюдают за состоянием как земляной плотины, так и сопрягающих сооружений (донные водоспуски, паводковые водосбросы). Наполнение пруда доводят до проектного напора (НПУ или МПУ) при отсутствии каких-либо дефектов, опасных для сооружений (фильтрация в низовом откосе плотины или дамбы, за стенами и полом водосброса, просачивание воды вдоль поверхности трубы донного водоспуска и др.). При обнаружении какого-либо дефекта устанавливают причину, его вызывающую. После устранения дефекта пруд продолжают наполнять. В заполненных прудах устанавливают постоянное наблюдение за состоянием всех гидросооружений в течение всего периода нахождения их под напором. Перед заполнением пруда проверяют исправность работы подъемных устройств во всех гидросооружениях на опускание и подъем. Шандоры, решетки устанавливают по пазам в стояках донных водоспусков с заменой вышедших из строя. При использовании в водоемах вентилях или захлопок их проверяют на подъем и опускание. Стояки донных водоспусков у дорог, троп оборудуют крышками. В деревянных сооружениях все открытые части до заполнения прудов конопатят и просмаливают. Водоподающая и осушительная сеть каналов к моменту заполнения прудов должна быть в полном порядке и обеспечивать бесперебойное водоснабжение или сброс. Осушение прудов для облова рыбы производят постепенно, следя за работой

водосбросов, водоспусков, шлюзов и др., не допуская больших одновременных сбросов воды. Резкое падение уровня воды ведет к появлению оползней верхового откоса плотины или дамбы. При наличии прудовых водосбросов осушение водоема производят вначале через них, а остаток воды ниже порога водосброса осуществляют через донные водоспуски. После осушения летних прудов все осушительные каналы по ложу пруда до наступления морозов очищают и доводят до проектной отметки. Паводковые водосбросы, донные водоспуски, верховины осматривают и замеченные неисправности устраняют, т.е. приводят их в пригодное для эксплуатации состояние. Поврежденные или размывтые откосы дамб и плотин приводят в порядок подсыпкой грунта. Разрушенные крепления откосов восстанавливают. Щитки, шандоры, решетки водоспускных сооружений летних прудов снимают и хранят на складе по комплектам. Сооружения, оставленные под напором на зиму, требуют особо тщательной проверки и наблюдения. Зимовальные пруды, их водоподающие каналы, лотки наполняют водой до наступления морозов. Во избежание промерзания и заноса снегом водоподающие каналы зимовальных прудов желательно закрывать камышовыми и другими матами, а образующийся в лотках лед осторожно скалывать.

### **Земляные плотины и дамбы**

Земляные плотины и дамбы подвержены разрушению от воздействия волны, атмосферных осадков, ветров, домашних животных, перепада температур. При этом наблюдаются оползни, разрушение откосов, выпучивание, просадка, трещины, прорывы и др. С целью предупреждения указанных дефектов организуют постоянное наблюдение за состоянием дамб и плотин. Размываемые волнобоем места верхового откоса укрепляют при постройке плотин или дамб или применяют дополнительные устройства в виде запоней, гасящих волну. Места оползней засыпают грунтом. Перед заполнением прудов плотины и дамбы осматривают на обнаружение трещин, нор землероек. Норы заливают жидким раствором глины. Небольшие трещины также заполняют жидким раствором глины. Глубокие трещины отрывают на всю глубину и засыпают глинистым грунтом. В местах сопряжения дамб и плотин с коренным берегом и с водосбросными сооружениями возможна фильтрация воды. При ее появлении устанавливают причину и принимают меры по ее ликвидации. Это может быть подсыпка грунта, установка шпунта и др. Выпучивание плотин и дамб происходит

при использовании глины в качестве основного грунта. Просадка плотин и дамб происходит, если под основанием их находился торф или грунт тела плотины или дамбы не уплотнен укаткой, а также в результате недостаточного запаса грунта на осадку. Такие просадки при высоте плотины 3–4 м могут достигать 60–70 см. Это приводит к снижению средней глубины пруда и к интенсивному его зарастанию жесткой надводной растительностью. При прохождении по дамбам или плотинам авто- и гужевого транспорта, особенно в непогоду, а также при прогоне скота на них образуются глубокая колея, выбоины, нарушения откосов. Если гребень плотины не укрепили, то на нем устанавливают шлагбаумы с объяснением правил проезда и прогона скота в весенний, осенний периоды и после дождей. Все образовавшиеся разрушения гребня засыпают грунтом до проектной отметки. Периодически проводят нивелировку гребня плотины и всех участков, давших осадку, с дальнейшим вычислением необходимого количества подсыпки грунта.

### Каналы

Водоподающие каналы и осушительную сеть содержат в исправном состоянии с целью своевременного наполнения и осушения прудов. При эксплуатации каналов возможны следующие повреждения: заиливание, оползни откосов, зарастание, прорыв стенок каналов при их переполнении, усиленная фильтрация сквозь дно и откосы. Заиливание каналов происходит при недостаточных скоростях воды. Кроме того, при отсутствии отводных каналов в водоснабжающий канал с полей в весеннее время и летом в период ливней поступает масса взвесей, что ведет к накоплению их на дне канала. Пропускная способность канала при этом уменьшается. Для приведения канала к проектным параметрам 1–2 раза в год проводят его очистку. Одновременно удаляют жесткую надводную растительность и кустарники, сокращающие дополнительно величину водного потока. Водную растительность ликвидируют путем регулярного ее выкашивания. Для предупреждения разрушения откосов водоподающих каналов применяют следующие меры:

- в опасных местах откосы делают пологими или прибегают к устройству берм;
- укрепляют откосы с устройством упорных призм;
- не превышают уровень воды в канале выше проектного;
- на закруглении откосы канала укрепляют различными материалами.

При устройстве водоподающего канала в полувыемке / полунасыпи не допускают повышения уровня воды, чтобы не происходил прорыв дамбы канала. Осушительную сеть водоема содержат в рабочем состоянии, для чего после осушения и вылова рыбы ее очищают до наступления морозов. При неполном осушении пониженных участков дна водоема их по возможности засыпают различным грунтом.

### **Донные водоспуски**

В рыбоводных хозяйствах донные водоспуски наряду с паводковыми водосбросами являются наиболее ответственными сооружениями. Донный водоспуск, находящийся в эксплуатации, содержат в исправном состоянии. При этом обращают внимание на соединение донного водоспуска с телом земляной плотины. В местах соединения стояка с лежаком не допускают трещин, щелей. При обнаружении их заделывают цементным раствором. Осмотр проводят перед заполнением пруда и после его осушения. Входной оголовок, пол стояка, а также трубу лежака перед заполнением пруда очищают и тщательно осматривают. Замеченные трещины и деформации устраняют. Пазы для шандор и решеток очищают от мусора и грязи. Шандоры подгоняют как к стенкам пазов, так и друг к другу. Покоробленные шандоры, не прилегающие плотно к пазам стояка и между собой, заменяют новыми. В донных водоспусках наиболее опасной является фильтрация вдоль трубы лежака. Поэтому перед заполнением пруда участок переднего оголовка стояка и трубы тщательно проверяют и при выявлении провалов, нор, отслоений грунта от стен трубы вскрывают эти места и вновь тщательно засыпают глинистым грунтом с плотной трамбовкой. При заполнении пруда следят за состоянием фильтрационных процессов в сооружениях. В случае обнаружения фильтрации вдоль лежака с выносом грунта, когда сооружению грозит авария, немедленно прекращают наполнение пруда. Иногда воду сбрасывают полностью и устраняют выявленную неисправность. Особенно тщательно проводят уход и надзор за работой донного водоспуска в зимовальных прудах, садках, где в зимнее время содержится большое количество рыбы, и авария сооружения будет сопряжена с большим убытком. В донных водоспусках зимовальных прудов постоянно обкалывают лед вокруг стояка. Осторожно удаляют лед в пазах стояка, чтобы шандоры при необходимости легко поднимались и опускались. Обнаруженные вокруг стояка трещины от морозов немедленно заделывают талым грунтом. В донных водоспусках зимовальных прудов возможно промерзание грунта вдоль лежака, чаще при трубе большого диаметра. Происходит отслаивание грунта от лежака, что может привести к аварийной ситуации.

Для предотвращения промерзания грунта вдоль лежака стояк сверху закрывают крышкой, а нижний конец лежака укрывают камышом, соломой и др. Данное мероприятие препятствует проникновению холодного воздуха внутрь трубы лежака. Утепляют выходной конец трубы лежака с таким расчетом, чтобы утеплитель не препятствовал выходу воды из пруда через лежак. Все донные водоспуски летних прудов перед наступлением морозов осматривают и устраняют обнаруженные дефекты. Щитки, решетки, шандоры на зиму убирают на склад. В инструкции по эксплуатации донных водоспусков возможны и дополнительные мероприятия.

### **Паводковые водосбросы**

Наиболее сложными и ответственными сооружениями прудовых рыбоводных хозяйств являются паводковые водосбросы головных и нагульных прудов. При эксплуатации водосброса особое внимание обращают на состояние и работу основания (флютбет) – самой ответственной части сооружения. Перед заполнением пруда проверяют все движущиеся части водосбросов на подъем и опускание. При наличии шандорного ряда, щитов их проверяют и деформированные заменяют новыми. Обращают внимание на сопряженность сооружения с берегами и телом плотины. При недостаточно надежном шпунтовом ряде между стенками и дном водосброса появляются трещины, которые приводят к фильтрации воды через них и к аварийной ситуации. Признаками сильной фильтрации в этих местах являются провалы грунта вдоль стен. Выявленные дефекты немедленно устраняют, обнаруженные провалы вскрывают и тщательно заделывают грунтом. Стенки водобойного колодца делают пологими. При отвесной стенке возможен их наклон внутрь колодца. В этом случае ставят распорки из железных труб. Льдозащитная стенка должна быть исправна и не допускать подход льдин к отверстиям водосбросов. Особенно тщательное наблюдение ведут за их работой в зимний период. В сложно устроенных паводковых водосбросах согласно эксплуатационной инструкции производят и другие мероприятия.

### **Водовыпуски, регуляторы**

При эксплуатации мелких гидротехнических сооружений, расположенных на водоподводящих и сбросных каналах, на пересечениях с дорогами устанавливают такой же надзор, как за плотинами, водосбросами, водоспусками. При появлении фильтрации за стенами и вдоль труб устанавливают причины

и принимают меры к ее ликвидации. Нарушенные крепления откосов каналов при необходимости ремонтируют и доводят до проектного состояния. Щиты, шандоры сооружений тщательно подгоняют к пазам стоек и между собой.

### **Пропуск весеннего паводка**

Пропуск весеннего паводка через гидротехнические сооружения является наиболее ответственным моментом в их работе. В это время гидросооружения испытывают наибольшее давление водной массы. Недостаточная подготовка сооружений к пропуску паводка, несвоевременная обеспеченность их аварийным материалом и неудовлетворительная охрана часто ведут к авариям, влекущим к выходу из эксплуатации всего хозяйства или его части. Наиболее опасный первоначальный урон от паводка:

- повреждения водосбросов, уменьшающие пропускающую способность этих сооружений и вызывающие опасность дальнейшего их разрушения;

- повреждения тел плотины в виде сквозного отверстия или промоины.

К пропуску весеннего паводка проводят своевременную подготовку. Выясняют характер и размеры предстоящего паводка путем изучения прохождения паводков в предыдущие годы или в метеослужбе. Подготавливают карьеры с талым грунтом, заготавливают и подвозят к паводковым сооружениям материалы: талый грунт, мешки с песком и др. Проверяют исправность установленных перед сооружениями водомерных реек, приводят в исправность подъемные механизмы, очищают от снега гребень и низовой откос плотины головного или нагульного пруда. Раскалывают лед у льдозащитных сооружений, стояков донных водоспусков. После очистки от снега водосбросов их осматривают и устраняют обнаруженные дефекты. За 5–6 дней до паводка устанавливают освещение, подвозят инструменты, оборудование для устранения возможных повреждений. В головных прудах перед паводком горизонт воды доводят до наименьшего уровня. Это позволяет водосбросам работать с наименьшим напряжением. Если паводок очень обилен, то кроме водосбросов включают в работу и донные водоспуски. При маловодье сбрасывают только излишки воды над постоянным или максимальным её горизонтом. При незаконченном ремонте плотины и других сооружений паводок пропускают, следя за состоянием перемычек. Для дежурства на сооружениях во время паводка назначают хорошо проинструктированных и инициативных рабочих. В ночное время сооружения освещают. Дежурство в период пика паводка организуют круглосуточно. Отменяют ночное дежурство после пика паводка и при отсутствии угрозы водосбросу. В обязанности дежурных входит:

- следить за возможной фильтрацией со стороны сухого откоса, за разрушением мокрого;
- выявлять трещины у водосбросов и осадку тела плотины;
- наблюдать за колебаниями уровня воды у водосброса, за состоянием льда;
- устранять заторы льда у водосброса;
- не допускать подход к водосбросу крупных льдин;
- своевременно поднимать и опускать затворы водосбросов;
- небольшие промоины заделывать аварийным материалом;
- при опасности серьезных повреждений водосбросов немедленно сообщать об этом руководству. После пропуска паводка все сооружения осматривают и ставят под рабочий напор. Для поддержания гидротехнических сооружений в рабочем состоянии регулярно проводят ремонтные мероприятия. Различают текущий ремонт, затраты на который относят в полном объеме на себестоимость производимой продукции, и капитальный ремонт, затраты на который относят на себестоимость в виде амортизационных отчислений.

### **Текущий и капитальный ремонт**

За счет средств, предусмотренных на текущий ремонт, производят:

- исправление небольших повреждений волнобоем откосов плотин и дамб;
- восстановление креплений откосов путем засева трав;
- устранение оползней дамб и плотин рыбоводных прудов и каналов;
- частичную подсыпку дамб и плотин в местах их осадки;
- исправление повреждений гребня и откосов плотин и дамб, причиненных движением транспорта и домашних животных;
- расчистку водоснабжающих каналов и сети осушительных канав от заиления, наносов, зарастания;
- восстановление вымытой загрузки под стенами и полом водосбросов;
- повреждения, причиненные паводком;
- частичную смену шандор, щитков, решеток. Капитальный ремонт производят, когда повреждения гидросооружений составляют от 10 до 50 % от первоначальной их стоимости. При капитальном ремонте устраняют все дефекты сооружения с приведением его в рабочее состояние. Сроки текущего среднего и капитального ремонта определяют по эксплуатационным инструкциям (табл. 8.1). После определенного срока службы проводят коренную их перестройку [9].

Таблица 8.1

## Сроки службы гидросооружений и периодичность их ремонта

Сооружения	Срок службы, год	Вид ремонта	Периодичность, год
Земляные плотины с креплением откосов	50	Текущий Капитальный	Ежегодно При авариях
Паводковые водосбросы:			
деревянные	15	Текущий	Ежегодно
бетонные	50	Капитальный	7–8 лет
железобетонные	50	Текущий Капитальный	Ежегодно При авариях
Осушительная сеть канав	5	Текущий Капитальный	Ежегодно Через 5 лет
Подводящие каналы	5	Текущий Капитальный	Ежегодно Через 5 лет
Донные водоспуски бетонные	50	Текущий Капитальный	Ежегодно При авариях
Верховина	8	Текущий Капитальный	Ежегодно Через 4 года

**Контрольные вопросы**

1. Какие основные работы по уходу за плотинами Вы знаете?
2. Расскажите об уходе за каналами.
3. Каковы причины выхода из строя донного водоспуска?
4. Перечислите возможные дефекты при работе водосбросов.
5. В чем заключается подготовка к пропуску весеннего паводка?
6. Каков состав работ текущего ремонта?
7. Каков срок службы гидросооружений?



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аринжанов, А. Рыбохозяйственная гидротехника : учебное пособие / А. Аринжанов, Е. Мирошникова, Ю. Килякова. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2014. – 236 с.
2. Власов, В. А. Рыбоводство : учебное пособие / В. А. Власов. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 365 с.
3. Гидротехнические сооружения морских портов : учебное пособие / В. А. Погодин, В. С. Коровкин, К. Н. Шхинек [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 444 с.
4. Козлов, В. И. Аквакультура / В. И. Козлов, И. А. Никифоров-Никишин, А. Л. Бородин. – Москва : Колос , 2006. – 445 с.
5. Ляпичев, Ю. П. Гидротехнические сооружения : учебное пособие / Ю. П. Ляпичев. – Москва : РУДН, 2008. – 302 с.
6. Моисеев, Н. Н. Рыбохозяйственная гидротехника с основами мелиорации : учебное пособие / Н. Н. Моисеев, П. В. Белоусов. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 173 с.
7. Моружи, И. В. Рыбоводство : учебник / И. В. Моружи, Н. Н. Моисеев, З. А. Пищенко. – Москва : Колос, 2010. – 360 с.
8. Нестеров, М. В. Гидротехнические сооружения : учебное пособие / М. В. Нестеров. – Минск : Новое знание, 2014. – 600 с.
9. Пономарев, С. В. Индустриальное рыбоводство : учебник / С. В. Пономарев, Ю. Н. Грозеску, А. А. Бахарева. – Москва : Колос, 2006. – 320 с.
10. Привезенцев, Ю. А. Интенсивное прудовое рыбоводство : учебник / Ю. А. Привезенцев. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 368 с.
11. Пономарев, С. В. Технологии фермерского рыбоводства / С. В. Пономарев Л. Ю. Лагуткина, Е. Н. Пономарева, Ю. В. Федоровых. – Астрахань : ООО «ЦНТЭП», 2011. – 304 с.

*Учебное издание*

**Калайда Марина Львовна,  
Борисова Светлана Дмитриевна**

**РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ГИДРОТЕХНИКА**

*Учебное пособие*

Кафедра «Водные биоресурсы и аквакультура» КГЭУ

Редактор *М. С. Беркутова*  
Компьютерная верстка *Т. И. Лунченковой*

Подписано в печать 27.09.2021. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 5,11. Уч.-изд. л. 4,78. Заказ № 344/эл.

Редакционно-издательский отдел КГЭУ,  
420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51