

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ГИДРОТЕХНИКА

Рекомендовано Ученым советом
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Оренбургский государственный
университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся
по программам высшего профессионального образования
по направлению подготовки 111400.62 Водные биоресурсы и аквакультура

Оренбург
2014

УДК 631.67(075.8)

ББК 40.6я73

А 81

Рецензент – доктор биологических наук С.В. Лебедев

Аринжанов, А.Е.

А 81 Рыбохозяйственная гидротехника: учебное пособие / А.Е. Аринжанов, Е.П. Мирошникова, Ю.В. Килякова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2014. – 236 с. ISBN

В учебном пособии рассматривается устройство и строение гидротехнических сооружений, обеспечивающих функционирование рыбоводных хозяйств.

Учебное пособие предназначено для студентов по направлению подготовки 111400.62 Водные биоресурсы и аквакультура.

УДК 631.67(075.8)

ББК 40.6я73

ISBN

© Аринжанов А.Е.
Мирошникова Е.П.,
Килякова Ю.В., 2014
© ОГУ, 2014

Содержание

Введение.....	6
1 Рыбохозяйственные гидротехнические сооружения.....	8
1.1 Прудовые рыбоводные карповые хозяйства.....	9
1.2 Прудовое форелевое хозяйство.....	15
1.3 Индустриальное направление аквакультуры.....	17
1.4 Озерные товарные рыбоводные хозяйства.....	18
1.5 Рыбоводные заводы.....	19
1.6 Нерестово-выростные хозяйства.....	24
1.7 Использование рисовых полей и торфопыработок.....	26
1.8 Классификация гидротехнических сооружений.....	29
2 Плотины.....	42
2.1 Плотины из грунтовых материалов.....	42
2.2 Противофильтрационные устройства в плотинах.....	52
2.3 Дренажи грунтовых насыпных плотин.....	57
2.4 Каменно-земляные, каменно-набросные, бетонные и железобетонные плотины.....	62
3 Дамбы.....	66
4 Водопропускные сооружения.....	68
5 Водосбросные сооружения.....	70
5.1 Открытые регулируемые береговые поверхностные водосбросы.....	73
5.2 Затворы гидротехнических сооружений.....	78
5.3 Открытые нерегулируемые (автоматические) береговые водосбросы.....	82
5.4 Закрытые автоматические водосбросы.....	86
6 Льдозащитные устройства.....	94
7 Рыбозаградительные и рыбозащитные сооружения.....	96
7.1 Рыбозаградительные сооружения.....	96
7.2 Рыбозащитные устройства.....	98
7.3 Рыбозащитные устройства фильтрующего типа на водоподающих каналах.....	107
8 Рыбопропускные сооружения.....	109

9	Водозаборные сооружения и насосные станции.....	117
9.1	Гидротехнические сооружения при водоснабжении с механическим подъемом воды.....	136
10	Водоподающая система.....	140
10.1	Водоподающие каналы.....	140
10.2	Водоподающие лотки.....	143
10.3	Трубопроводы.....	143
11	Переходные сооружения.....	145
12	Сопрягающие сооружения.....	150
13	Водоспускные сооружения.....	157
14	Сооружения рыбосборно-осушительной системы.....	161
14.1	Рыбосборно-осушительные каналы прудовых хозяйств.....	161
14.2	Донные водоспуски.....	161
14.3	Рыбоуловители выростных и нагульных прудов.....	163
14.4	Сбросные каналы.....	167
14.5	Водоприемники.....	167
15	Техническое обоснование и проектирование рыбохозяйственного строительства.....	170
15.1	Изыскательские работы по проектированию.....	171
15.2	Проектирование.....	172
15.3	Сметная документация и организация строительства.....	180
16	Строительные работы и материалы.....	182
16.1	Состав организационных мероприятий и подготовительных работ.....	182
16.2	Разбивка сооружений на местности.....	183
16.3	Пропуск строительных расходов.....	184
16.4	Строительство насыпных грунтовых плотин в зимних условиях.....	191
16.5	Бетонные и железобетонные работы.....	193
16.6	Земляные работы.....	201
17	Эксплуатация гидротехнических сооружений.....	207
17.1	Приемка сооружений.....	207
18	Наблюдение и уход за гидротехническими сооружениями.....	210
18.1	Ремонт гидротехнических сооружений.....	220

18.2	Повреждения земляных гидротехнических сооружений и их устранение.....	221
18.2	Организация эксплуатационных работ.....	229
18.3	Организация работ при пропуске паводка.....	230
	Список использованных источников.....	235

Введение

В связи с развитием промышленности, интенсификации сельского хозяйства в последние годы в России уделяется большое внимание рациональному и экономичному использованию водных ресурсов страны.

Обеспечить необходимую надежность инженерных гидротехнических сооружений можно только при наличии достаточно полных и достоверных сведений об условиях, в которых эти сооружения будут работать.

Именно **гидротехника** изучает вопросы использования водных ресурсов, а также меры борьбы с водной стихией и вредным действием воды при помощи специальных инженерных гидротехнических сооружений [6].

Гидротехника связана с геологией и гидрологией, гидрогеологией и гидравликой, геодезией и другими науками.

Название «гидротехнические сооружения» говорит о том, что эти сооружения связаны с использованием воды и подвергаются ее воздействиям. Свойства воды, процессы, протекающие в водных объектах, к которым относятся с точки зрения водоснабжения реки, водохранилища, озера, моря и подземные источники, зависимость характеристик водных объектов от физико-географических факторов являются предметом изучения *гидрологии*. Важнейшей частью гидрологии является *гидрометрия* — наука о средствах и методах изучения величин, характеризующих движение и состояние вод, и режим водных объектов. Изучение режима водных объектов ведется методами и средствами инженерной гидрометрии, при этом изучаются влияние сооружений на режим водного объекта в период строительства и эксплуатации, характеристики водного объекта после возведения сооружения, гидравлические характеристики водного объекта в измененных условиях, деформации дна, берегов, режим пропуска паводков и ледоходов и др [8].

Геология изучает характер грунтов в районе расположения гидротехнического сооружения и возможность возведения сооружения на выбранном участке. *Гидрогеология* изучает режим грунтовых вод и его изменение после строительства гидротехнического сооружения. *Гидравлика* определяет размеры отверстий гидротехнических сооружений, давление воды и скорость движения воды, пр. *Геодезия* предоставляет данные о рельефе участка, где будет строиться гидротехнический узел или отдельное

гидротехническое сооружение.

Расчет гидротехнических сооружений производится методами строительной механики, с привлечением теории упругости и пластичности. При проектировании сооружений необходимо располагать данными о свойствах строительных материалов, особенно металла, бетона и железобетона, об их коррозии под воздействием воды и льда, особенно в морских условиях. Указанные вопросы изучаются в соответствующих областях науки, с которыми гидротехника тесно связана.

В настоящее время в России осуществляются рыбоводные мероприятия, направленные на увеличение рыбных запасов во внутренних водоемах. К мероприятиям относятся: обеспечение пропуска рыбы к местам нереста из нижнего бьефа в верхний, строительство рыбоводных заводов и нерестово-выростных хозяйств в нижнем бьефе, создание новых нерестилищ.

Специализированный проектный институт в нашей стране был основан в 1932 г. Головным институтом по проектированию предприятий и объектов рыбного хозяйства в настоящее время является ОАО «Гипрорыбхоз» [20].

1 Рыбохозяйственные гидротехнические сооружения

Гидротехника - это отрасль науки и техники, охватывающая вопросы использования водных ресурсов, их охраны и борьбы с вредным действием вод при помощи инженерных сооружений, называемых гидротехническими.

Аквакультура представлена различными рыбоводными хозяйствами и предприятиями, реализующими многочисленные биотехнологии по выращиванию и воспроизводству гидробионтов, которая обуславливает использование тех или иных гидротехнических сооружений.

Рыбоводные хозяйства пресноводной аквакультуры подразделяются [23]:

- по направлениям аквакультуры: на прудовые, промышленные (бассейновые, садковые, УЗВ - установки с замкнутым циклом водоснабжения или рециркуляционные установки), пастбищные, озерные и рекреационные;
- по доминированию объектов выращивания: на тепловодные (карповые), холодноводные (форелевые) и специальные (рисорыбные, карпогусиные, карпоутиные, на торфяных выработках, на водоемах комплексного назначения).

Разнообразны хозяйства и фермы марикультуры (прудовые, лагунные, садковые, бассейновые), культивирующие морских рыб и нерыбные объекты (водоросли, моллюсков, ракообразных, иглокожих).

В прудовом направлении, где основным объектом выращивания является карп, выделяют по составу и полноте технологических процессов следующие рыбоводные хозяйства [13]:

- полносистемные - хозяйства, работающие с полным технологическим циклом, в них осуществляется выращивание рыб от икринки до товарной массы;
- неполносистемные (рыбопитомники и нагульные, или товарные, хозяйства); рыбопитомники - хозяйства, работающие с неполным технологическим циклом, конечной продукцией которых является рыбопосадочный материал; нагульные хозяйства работают с неполным технологическим циклом с использованием рыбопосадочного материала из других хозяйств, конечной продукцией которых является товарная рыба;
- селекционные хозяйства занимаются улучшением существующих и выведением новых породных групп;

- репродукторы - рыбоводные хозяйства, выращивающие племенных производителей или личинок для обеспечения рыбоводных хозяйств;
- воспроизводственные комплексы растительноядных рыб - рыбоводные хозяйства, производящие личинок и подрощенную молодь растительноядных рыб для реализации рыбоводным хозяйствам.

1.1 Прудовые рыбоводные карповые хозяйства

Полносистемные хозяйства с двухлетним оборотом реализуют следующие виды рыбоводных процессов: выращивание производителей и ремонтного поголовья, преднерестовое выдерживание производителей, проведение естественного или искусственного нереста (получение, оплодотворение и инкубация икры), выдерживание личинок и подращивание молоди, выращивание и зимовка посадочного материала (сеголетков), выращивание и реализация товарной рыбы (двухлетков).

В состав полносистемного рыбоводного хозяйства входят пруды следующих категорий [10]:

- нерестовые пруды – используют для проведения естественного нереста производственного маточного стада и группового нереста резервной части производителей карпа при заводском воспроизводстве;
- мальковые пруды - используют для подращивания личинок, полученных заводским способом (в дальнейшем мальковые пруды возможно использовать, как выростные);
- выростные пруды - используют для выращивания сеголетков;
- зимовальные пруды I порядка - используют для зимнего содержания рыбопосадочного материала (годовиков);
- летние маточные пруды - для летнего содержания производителей;
- летние ремонтные пруды - для летнего выращивания ремонтного поголовья;
- зимние маточные пруды - для зимнего содержания производителей;
- зимние ремонтные пруды - для зимнего содержания ремонтного поголовья;
- преднерестовые пруды - для содержания производителей перед нерестом;
- земляные садки – используют для содержания производителей

растительной пищи рыб после инъекции в хозяйствах, выращивающих карпа в поликультуре;

- нагульные пруды - для выращивания товарной рыбы;
- карантинные пруды - для временного содержания вновь поступающих производителей и ремонтного поголовья;
- изоляторные пруды - для изоляции подозреваемых в заболевании или заболевших рыб;
- санитарные пруды - для временного содержания сбрасываемой и обработанной дезинфицирующим средством воды из карантинного пруда.

В полносистемных хозяйствах с трехлетним оборотом также входят:

- выростные пруды II порядка - для выращивания посадочного материала двухлетков;
- зимовальные пруды II порядка - для зимнего содержания рыбопосадочного материала после двухлетнего выращивания (двухгодовиков).

Кроме перечисленных категорий, в состав рыбоводного хозяйства могут входить головные пруды, обеспечивающие полное или частичное производственное водоснабжение хозяйства, а также резервные пруды в системе водоснабжения и пруды-отстойники в системе сброса воды.

В хозяйствах, где разводят растительной пищи и других рыб, создают специальные маточные и нерестовые пруды, садки и инкубационный цех.

Нерестовые пруды располагают на плодородных почвах незаболоченных участков, с мягкой растительностью, дальше от проезжих дорог; строят рядом с выростными, мальковыми и маточными прудами, в местах, защищенных от ветров и прогреваемых солнцем. Участки с небольшим уклоном обваловывают земляными дамбами. Подача воды обычно осуществляется из головного пруда. Каждый пруд должен иметь независимое водоснабжение и сброс воды. При спуске воды пруды должны полностью осушаться при помощи осушительной системы канав, расположенных по ложу прудов [20].

Во избежание заболачивания нерестовых прудов их следует располагать так, чтобы исключить фильтрацию воды из других близко расположенных прудов и водоснабжающих каналов. Для этого оставляют расстояния между нерестовыми прудами и водоснабжающими каналами и другими категориями прудов. Площадь одного пруда - 0,1 га, максимальная глубина у донного

водоспуска (не считая глубины рыбосборно-осушительного канала) - 1,5 м, средняя глубина - 0,8 м. Продолжительность наполнения и спуска одного пруда (0,1 га) - 4 часа, наполнение всех прудов - 2 сут.

Мальковые пруды располагают вблизи нерестовых. Их обваловывают дамбами. Площадь пруда - до 1,0 га, максимальная глубина - 1,8 м, средняя глубина - 1,5 м. Продолжительность наполнения и спуска одного пруда - 12 часов.

Выростные пруды - частично или полностью обвалованные дамбами. В выростных прудах должны быть рыбоуловители. Площадь пруда - 10-15 га, средняя глубина - 1,0 - 1,5 м. Продолжительность наполнения одного пруда - 10-15 сут., спуска - 3-5 сут.

Выростные пруды II порядка имеют рекомендуемую площадь до 50 га. Средняя глубина - 1,3 м. Продолжительность наполнения одного пруда - до 15 сут., спуска - до 10 сут.

Зимовальные пруды - водоемы, расположенные вблизи источника водоснабжения. Лучший грунт для их ложа - суглинки или жирные глины. Необходимо предусмотреть устройство аэраторов или располагать дно водопроводящей части водовыпуска не менее чем на 0,4 м над уровнем воды в пруду при строительстве водовыпусков из канала в зимовальные пруды. Площадь пруда - 0,5 - 1,0 га, средняя глубина непромерзающего слоя воды - 1,2 м, подача и сброс воды - независимые, продолжительность наполнения одного пруда - 1 сут., спуска - 0,5-1 сут. Водообмен - 15-20 сут.

Нагульные пруды бывают русловыми и пойменными. Устройство пойменных прудов предпочтительнее, так как они располагаются на более плодородных почвах и ложе пруда более пологое, в них отсутствует хищная рыба, кроме того можно обеспечить независимое водоснабжение и сброс воды. Рекомендуемая площадь одамбированных прудов - 50 - 100 га. При ровной площадке средняя глубина - 1,3 - 1,9 м. При сложном рельефе глубина - от 1 до 1,5 м. Продолжительность наполнения одного пруда площадью до 50 га - до 15 сут., спуска - до 5 сут., наполнение пруда площадью до 100 га - до 25 сут., спуска - до 30 сут.

Рекомендуемая площадь руслового пруда - 150 га, максимальная - 200 - 300 га. Оптимальная глубина в русловом пруду - 0,5-2,0 м. Желательно, чтобы максимальные глубины составляли не более 3 - 3,5 м (не считая глубины русла реки). Продолжительность наполнения всех прудов от одного источника

- до 40 сут., продолжительность спуска одного пруда до 50 га - до 5 сут., пруда до 100 га - до 10 сут., пруда свыше 100 га - до 20 сут.

В качестве нагульных прудов могут быть использованы водоемы комплексного назначения (ВКН) - пруды для орошения земель, для водопоя скота, пруды промышленного снабжения и др..

Преднерестовые пруды имеют среднюю глубину 2,0 м. Площадь пруда в селекционном хозяйстве - 0,01 - 0,2 га, в специализированном воспроизводственном комплексе - 0,05 - 0,5 га, в остальных типах хозяйств - 0,1 - 0,2 га. Продолжительность наполнения одного пруда - не более 6 сут., спуска - не более 3 сут. Водообмен - 5 сут.

Летние маточные пруды - обвалованные водоемы, площадь которых определяется исходя из плотности посадки производителей: в селекционном - не менее 0,05 га, в специализированном воспроизводственном комплексе - 1 - 10 га, в остальных типах хозяйств - 0,1 га. Средняя глубина - 1,5 - 2,0 м. Продолжительность наполнения одного пруда - до 5 сут., спуска - 1 - 3 сут.

Летние ремонтные пруды имеют площадь в селекционном хозяйстве - не менее 0,05 га, в специализированном воспроизводственном комплексе - 0,5 - 1,0 га. Средняя глубина зависит от зоны и возрастной категории ремонта: для выращивания сеголетков - 1,0 - 1,5 м, для выращивания старших возрастных групп - 1,5 - 2,0 м. Продолжительность наполнения одного пруда - до 5 сут., спуска - 1 - 3 сут.

Зимние маточные и зимние ремонтные пруды имеют площадь в селекционном хозяйстве не менее 0,01 га, в остальных хозяйствах - не менее 0,05 га. Глубина непромерзающего слоя воды - 1,2 м. Продолжительность наполнения одного пруда - до 1 сут., спуска - 0,1 сут. Водообмен - 15 сут.

Карантинные пруды предназначены для выдерживания рыбы, завезенной из другого хозяйства. Площадь одного пруда - 0,05 га, средняя глубина - 2,0 м, продолжительность наполнения - 0,3 сут, спуска - 0,2 сут. Водообмен в зимний период - 25 сут.

Изоляторные пруды по устройству и расположению должны отвечать тем же требованиям, что и карантинные пруды, при этом 60 % площади изоляторного пруда должны иметь глубину не менее 1,5 м для возможности зимовки рыб.

Карантинные и изоляторные пруды - обвалованные водоемы, с изолированным водоснабжением и сбросом воды. Они должны располагаться

в конце хозяйства на расстоянии не менее 20 м от других прудов.

Живорыбные садки располагаются в пойме реки, вблизи источника водоснабжения. По типовому проекту Гидрорыбпроекта садки представляют собой земляные удлиненные бассейны трапецеидального поперечного сечения с уклоном откосов 1:2, продольным уклоном дна $i = 0,005$ и с поперечным уклоном дна к середине $i = 0,03$. Размеры таких садков 6 x 30 м. Оптимальная глубина непромерзающего слоя воды в садках 1,0-1,5 м. В типовом проекте таких садков предусматривается каркас ледяного покрытия (деревянный или из сборного железобетона).

Головной пруд или водохранилище проектируется при самотечном водоснабжении рыбоводных хозяйств за счет местного стока для создания необходимого командного уровня и аккумуляции стока. Головной пруд строят выше всех прудов хозяйства, для чего русло реки или ручья перегораживают плотиной, образующей водоем, из которого по каналам или трубам осуществляется водоснабжение прудов. В комплексе гидроузла головного пруда устраивают: сбросное сооружение для сброса излишних паводковых вод; водозаборное сооружение для подачи воды в пруды; донный водоспуск для полного спуска пруда.

В рыбопитомниках осуществляют воспроизводство прудовых рыб заводским или естественным нерестом, подращивают молодь, выращивают сеголетков и содержат их в зимовальных прудах. В состав рыбопитомника входят следующие категории прудов: преднерестовые, нерестовые, мальковые, выростные, зимовальные, летние маточные, зимние маточные, карантинные, изоляторные.

Нагульные хозяйства состоят только из нагульных прудов и садков.

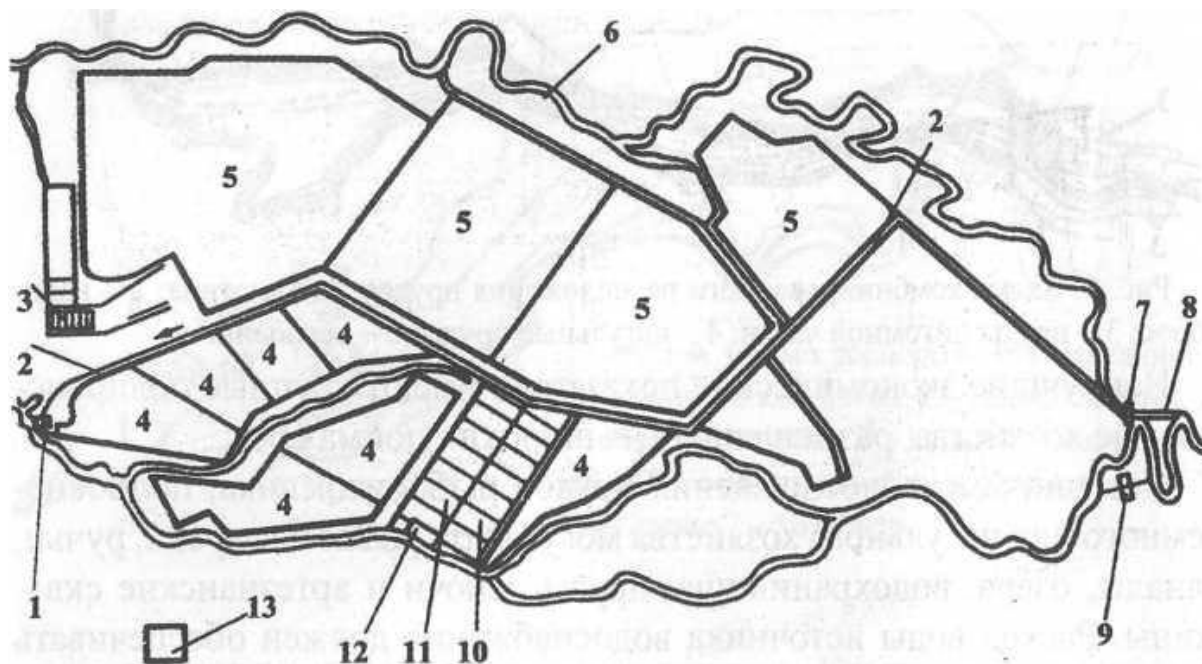
Компоновка и водоснабжение прудов. Компоновка прудов зависит от рельефа местности, характера грунтов, расположения источников водоснабжения и других условий. Компоновка прудов состоит в плановом размещении всех прудов, каналов, гидротехнических сооружений и хозяйственного центра и обеспечении технологических требований ведения хозяйства и наиболее удобное управление им [8].

Расположение прудов в зависимости от рельефа речных пойм может быть русловое, пойменное и комбинированное. Также возможно размещения прудов в пойменной части по обе стороны реки.

При комбинированном расположении прудов в пойме по обеим сторонам реки строятся питомные пруды, а русло реки используется для нагульных прудов. Недостатки комбинированной схемы - большие капиталовложения на строительство нескольких паводковых водосбросов, преимущество - независимая подача и сброс воды питомных прудов.

Источниками водоснабжения прудов рыбопитомника, полносистемного или нагульного хозяйства являются: реки, ручьи, каналы, озера, водохранилища, пруды, ключи и артезианские скважины. Расход воды источника водоснабжения должен обеспечивать в необходимом количестве потребности хозяйства в воде.

Водоснабжение прудовых рыбоводных хозяйств может быть самотечное, механическое или комбинированное. Лучше всего, когда водоснабжение прудов самотечное, так как оно упрощает эксплуатацию хозяйств, удешевляет их строительство и конечную продукцию. Для *самотечного водоснабжения* прудов устраивается головной пруд или водозаборное сооружение на реке (рисунок 1).



- 1 - карантинные пруды; 2 - водоподающий канал; 3 - нерестовые пруды;
4 - выростные пруды; 5 - нагульные пруды; 6 - сбросной канал; 7 - водозаборное сооружение; 8 - ограждающая дамба; 9 - паводковый водосброс; 10 - маточные пруды;
11 - зимовальные пруды; 12 - садки; 13 - хозцентр.

Рисунок 1 - Схема полносистемного хозяйства с самотечным водоснабжением из реки (по Мамонтовой, 2012)

При данной схеме пруды наполняются водой по водоснабжающему каналу во время весеннего паводка. Восполнение потерь воды в прудах на фильтрацию и испарение осуществляется за счет постоянного тока воды в реке. В головном гидроузле размещены водозаборное сооружение и паводковый водосброс.

При **механическом водоснабжении** используются реки, водохранилища и озера, на берегу которых устраивают насосную станцию с напорным трубопроводом.

При **механическом сбросе** воды из прудов вода в основном откачивается насосами из рыбоуловителей в реку (водоприемник). Для этого применяют передвижную или плавучую насосную станцию [1, 7].

Водоснабжение прудов может осуществляться также из артезианских скважин, но в очень ограниченных размерах. Артезианские (напорные) воды залегают в различных водоносных пластах (песках, песчаниках, известняках), перекрытых сверху и снизу водонепроницаемыми породами. Для водоснабжения рыбоводных прудов артезианской водой устраивается водозаборная скважина - вертикальная выработка, проходима буровым способом, стенки которой полностью или частично закреплены обсадными трубами. Глубина скважины зависит от глубины залегания водоносного пласта и его мощности.

Артезианская вода из скважины подается на поверхность водоподъемником (глубинные центробежные или штанговые насосы в зависимости от глубины скважины). Артезианские воды в рыбоводных хозяйствах обычно используются для водоснабжения зимовальных прудов (если нет другого источника). При водоснабжении из артезианских скважин необходимо установить поступление воды, ее качество (химический состав) и температуру. Для устройства артезианской скважины в рыбхозе необходимо специальное разрешение областных организаций и составление проекта на бурение и последующую эксплуатацию.

1.2 Прудовое форелевое хозяйство

Форелевое хозяйство является холодноводным типом рыбоводного прудового хозяйства. Так же, как и карповые, форелевые хозяйства разделяются на полносистемные и неполносистемные (воспроизводственный

комплекс, рыбопитомник и нагульное хозяйство). Форелевое хозяйство существенно отличается от карпового значительно меньшей площадью, а также по характеристике прудов.

При строительстве форелевых прудов особое внимание уделяют водоснабжению, количеству и качеству воды. Для водоснабжения прудов используют родники, ручьи, реки и подземные воды, годовая температура которых изменяется от 3 °С (зимой) до 20 °С (летом). Водоснабжение прудов желательно независимое, но при недостатке воды в источнике водоснабжения оно может быть и зависимое. Для выращивания форели необходимо в прудах создать проточность. Форелевое хозяйство имеет в основном двухлетний оборот. Гидротехнические сооружения форелевых прудов такие же, как и в карповых хозяйствах [20].

Полносистемные форелевые хозяйства имеют инкубационный цех, мальковые бассейны, нагульные, выростные, маточные, ремонтные и карантинные пруды, живорыбные садки, холодильник, базу для выращивания живых кормов, склад для хранения кормов и подсобные помещения. В отличие от полносистемных карповых хозяйств в форелевых хозяйствах нет нерестовых и зимовальных прудов. Зимуют годовики форели в выростных или нагульных прудах, где температура воды не бывает ниже 3°С.

Рыбопитомники включают те же производственные участки и подсобные помещения, что и полносистемные хозяйства, за исключением нагульных прудов и живорыбных садков.

Нагульное форелевое хозяйство имеет в своем составе нагульные пруды, живорыбные садки, холодильник, склад кормов, подсобные помещения и характеризуется небольшой площадью прудов.

Характеристика прудов форелевого хозяйства. *Площадь* выростного пруда составляет 100-500 м², нагульного - 300-1.000 м², маточного - 300-700 м², ремонтного - 200-300 м², карантинного -100-200 м². *Средняя глубина* нагульного пруда -1,2-1,5 м, выростного -1,0-1,2 м, маточного — 1,2—1,5 м, ремонтного -1,2-1,5 м, карантинного -1-1,5 м. *Форма прудов* прямоугольная с соотношением ширины к длине 1:5-1:20. Пруды представляют собой лотки или бассейны. Дно и откосы их обычно бетонируют. При водонепроницаемых грунтах пруды строят земляными. *Продолжительность наполнения* водой прудов (в часах): для выростных - 4, нагульных - 4-5, ремонтных - 4-5, маточных - 4-5, карантинных - 2, садков - 2. *Продолжительность спуска* воды

из прудов (в часах): для выростных - 3-4, нагульных - 4-5, маточных - 2-4, ремонтных - 2-4, карантинных - 1-2, садков - 1-2. По ложу прудов устраивается осушительная сеть канав. Для маточных прудов ширина канав по дну 1,0-1,5 м, глубина 0,5-0,7 м. Для выростных прудов канавы могут быть земляными или бетонными с шириной по дну 1 м, глубиной 0,3-0,5 м.

1.3 Индустриальное направление аквакультуры

В индустриальной (промышленной) аквакультуре различают бассейновые и садковые хозяйства. В настоящее время индустриальная аквакультура наряду со сбросными теплыми водами использует естественные воды озер, водохранилищ, геотермальных источников. Традиционным остается эффективное использование сбросных теплых вод и водоемов-охладителей тепловых электростанций для организации садковых хозяйств, живорыбных заводов, прудовых рыбоводных хозяйств.

В форелевых садковых хозяйствах основные рыбоводные процессы осуществляют в садках различных конструкций. Садки размещают в больших по площади (50-200 га), глубоких (5-6 м) и кормных водоемах (в заливах водохранилищ, озерах и т. д.) с благоприятным кислородным режимом в летний и зимний периоды (7-8 мг/л). Конструкция и размер садков, материал, из которого они изготовлены, зависят от объекта, возраста, сезона выращивания, солености воды и типа садкового хозяйства (стационарное или передвижное) и других факторов [16].

В форелевых бассейновых хозяйствах емкости, в которых выращивают рыб, представлены бассейнами. Хозяйства бывают открытого и закрытого типа. Бассейны изготовляют из железобетона и современных формованных пластмасс. Конструкции и размеры бассейнов разнообразны и зависят, как и садки, от тех же факторов. Общим для всех бассейнов является требование обеспечения значительной проточности в них и быстрых наполнения и спуска емкостей. Разновидностью бассейнового хозяйства являются УЗВ (установки с замкнутым циклом водообеспечения), в которых большое внимание уделяется вопросам водоподготовки (механическое водоснабжение и сброс воды; очистка воды механическими и биологическими фильтрами; насыщение воды кислородом с помощью оксигенаторов и оксигенаторов).

Использование термальных вод тепловых электростанций. Тепловые электростанции с прямоточной системой охлаждения сбрасывают теплые воды в реки, озера, водохранилища. На сбросных каналах ТЭЦ сооружают открытые бассейновые хозяйства.

Живорыбные заводы. На живорыбном заводе предусматривается содержание и выращивание маточного и ремонтного стада в бассейнах с регулируемой температурой воды; получение икры, оплодотворение и инкубация икры; выращивание мальков, сеголетков и товарной рыбы в бассейнах. Водоснабжение бассейнов осуществляется сбросными теплыми водами, а также обычной водой. В комплекс зданий и сооружений живорыбного завода входят: блок производственных помещений, насосные станции для подачи теплой и холодной воды, отстойник производственной канализации, трансформаторные подстанции и др. Все конструкции бассейновой части живорыбного завода осуществляют из сборных железобетонных элементов [10, 13].

Прудовые рыбоводные хозяйства. Водоснабжение прудов теплой сбросной водой позволяет зарыблять пруды в более ранние сроки, а вылавливать рыбу в более поздние сроки. Таким образом, использование термальных вод в рыбоводных хозяйствах значительно увеличивает рыбопродуктивность выростных и нагульных прудов. Гидротехнические сооружения прудовых рыбоводных хозяйств на термальных водах ничем не отличаются от сооружений хозяйств, снабжающихся холодной водой.

1.4 Озерные товарные рыбоводные хозяйства

Хозяйства имеют большие площади - до 20 тыс. га и более. В озерных рыбоводных хозяйствах имеются *промысловые озера*, используемые под товарное рыбоводство (по типу неспускных прудов); *инкубационный* цех для проведения инкубации икры рыб ценных видов с целью воспроизводства рыбных запасов озер; *питомник*, состоящий из выростных и зимовальных прудов, для зарыбления озер собственным посадочным материалом; *рыбоприемные* пункты для приема рыбы в летний период и ее временного хранения; административно-хозяйственный центр, состоящий из административного здания, производственного корпуса, рыбокоптильного цеха, склада для зимнего хранения рыбы и ряда вспомогательных зданий.

В выростных прудах выращивают сеголетков, которыми осенью зарыбляют озера, а также подращивают личинок перед выпуском их в озера. В состав рыбоприемного пункта входят склад со льдом для хранения рыбы, причал для водного транспорта, а также вспомогательные здания и сооружения. Для лучшего рыбохозяйственного использования озер их зарыбляют молодью ценных видов рыб, организуют рациональный промысел, осуществляют рыбоводно-мелиоративные мероприятия (выкос жесткой растительности, расчистку протоков, оборудование тоней и т. д.) [20].

Гидротехнические сооружения озерных хозяйств состоят из дамб, посредством которых увеличиваются глубины воды в озерах, верховин, шлюзов-регуляторов, водосбросов. Питомные пруды озерных хозяйств имеют те же сооружения, что и в прудовых рыбоводных хозяйствах: дамбы, донные водоспуски, водовыпуски, осушительную, сбросную сеть и т. д. Верховины, препятствующие уходу выращиваемой рыбы из озер и попаданию хищной и сорной рыбы в озера, устанавливают на истоках и притоках озер. Верховины заменяют каменными перепадами, если максимальный весенний паводок 1%-ной обеспеченности имеет расход меньше $1 \text{ м}^3/\text{с}$ и там, где это позволяет рельеф местности. На крупных притоках озер вместо верховин устраивают электрозаградители. Шлюзы-регуляторы (иногда вместе с рыбоуловителями) строят на вытоках из озер для регулирования уровней воды в период облова, а также на притоках для временного прекращения подачи воды в озеро. Когда уровень воды в озере понижается, сеголетки скатываются с верхними слоями воды через шлюз и попадают в рыбоуловитель. Подпорные плотины и дамбы строят на истоках и притоках озер, а также на речках, впадающих и вытекающих из озер. Эти сооружения служат для поднятия уровня воды в озерах, что благоприятно сказывается на их газовом и химическом режимах.

1.5 Рыбоводные заводы

Рыбоводные заводы (РЗ) 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 рыбоводные заводы. Состав 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 (Абаканский, Селенгинский, Ачуевский);
- прудовый;
- комбинированный.

Волжские ОРЗ построены для работы по прудовому методу выращивания молоди (так называемая 1-я группа заводов, Бертюльский, Сергиевский) и комбинированному (2-я группа, Александровский). В последние годы Сергиевский ОРЗ перешел на комбинированный метод выращивания.

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:

1) цех работы с производителями с отделениями:

- выдерживания производителей с модернизированными садками куринского типа (пруды, бассейны);

- операционными и лабораторным пунктами и складом для инвентаря;

2) инкубационный цех;

3) цех живых кормов;

4) блок вспомогательных помещений (управление завода, гараж, склад, лаборатория, механическая мастерская);

5) объекты энергетического хозяйства (включая дизельный электрогенератор);

6) цех бассейнового выращивания;

7) выростные пруды;

8) насосную станцию, систему водоснабжения и очистки воды.

Производственная мощность ОРЗ находится в пределах 1-19 млн шт. молоди.

Лососевые рыбоводные заводы по воспроизводству атлантического лосося. Производственные процессы на ЛРЗ по воспроизводству атлантического лосося включают [19]:

- отлов и транспортировку производителей;
- выдерживание производителей;
- получение половых продуктов, осеменение икры;
- инкубацию икры;
- выдерживание предличинок;
- подращивание личинок, выращивание сеголетков;
- выращивание годовиков;
- выращивание двухлетков;
- выпуск покатников (в северных районах молодь выращивают до 3х лет).

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: насосные 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 (кета, горбуша).

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, подводящий канал, насосную станцию;
- выростной водоем с рыбозащитными сооружениями;
- складские помещения для рыбоводного инвентаря, материальных ценностей, стройматериалов;
- объекты энергетического хозяйства;
- 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 РЗ.

Производственные процессы:

- 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 и сотен миллионов личинок.

РЗ по воспроизводству проходных карповых рыб.

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

Производственные процессы (при заводском методе):

- отлов производителей;
- содержание производителей;
- получение половых продуктов, 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;
- объекты энергетического хозяйства.

Пункт заготовки производителей оборудуют 2-3 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 миллионы покатников.

1.6 Нерестово-выростные хозяйства

На нерестово-выростных хозяйствах (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 водоемов 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 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 [20, 23].

На НВХ используются три формы организации технологического процесса:

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

2) получение зрелых половых продуктов, инкубация икры заводским способом (в инкубационных аппаратах), а затем выращивание молоди в выростные водоемы;

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

НВХ при водохранилищах. На НВХ 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 обычно механическое.

Производительные 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.

НВХ в дельтах крупных рек. Предназначены для воспроизводства запасов ценных рыб крупных рек или морей, в которые эти реки впадают. Как правило, такие НВХ имеют только выростные водоемы площадью 50-900 га.

В выростных водоемах происходит дикий нерест производителей, которых туда сажают после отлова на промысловых тонях, часть производителей заходит в выростные водоемы сама по сбросным каналам.

Продолжительность выращивания молоди совпадает со сроками спада половодья и составляет 1,5-2 месяца. При понижении уровня воды в реке открываются шлюзы выростных водоемов и молодь, проходя через учетные устройства, скатывается в реку. Молодь может быть вывезена также в прибрежные районы моря.

Водоснабжение комбинированное – частично самотеком, частично с помощью насосных станций.

Производственные процессы:

- заполнение выростных водоемов;
- зарыбление водоемов производителями;
- нерест производителей;
- выращивание молоди;
- выкашивание водной растительности, удобрение водоемов;
- спуск водоемов, учет молоди;
- агромелиоративные работы.

НВХ в лиманах и заливах. Отличительной особенностью этих НВХ является большая площадь выростных водоемов, равная нескольким тысячам гектаров.

Лиманные НВХ размещены в низовьях Кубани, Куры, Днепра на дельтовых лиманах. С морем лиманы сообщаются сбросными каналами. Наполняются водой из опреснительных или оросительных каналов ранней весной. После полного заполнения начинают сброс воды в море для привлечения производителей.

Спуск воды начинается в середине лета и осуществляется сначала самотеком, а затем, когда уровень воды в лимане сравняется с уровнем воды в море - с помощью насосных станций. Полный спуск воды заканчивается к началу октября, полное осушение – в октябре-январе.

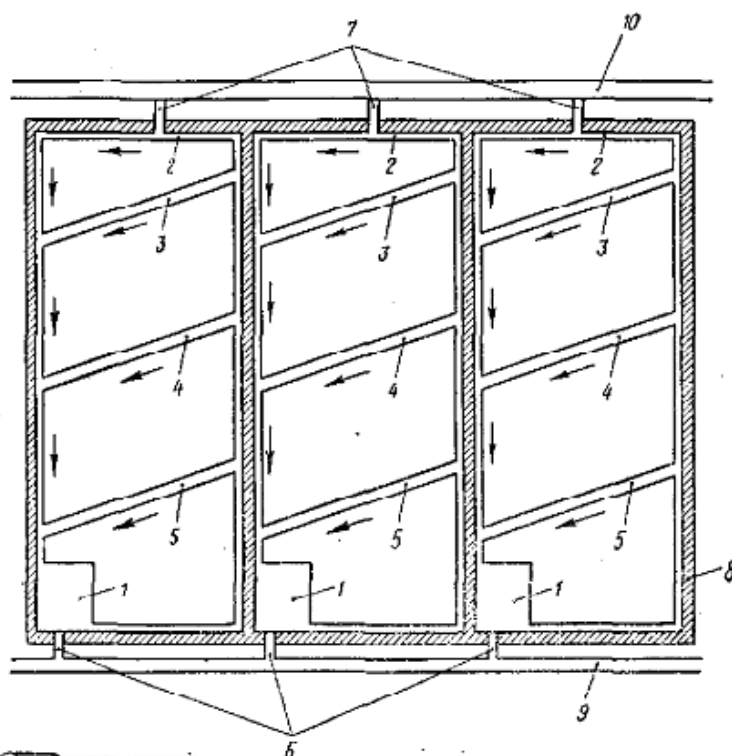
Производственные процессы:

- заполнение лиманов;
- сброс воды для привлечения производителей;
- нерест производителей;
- выращивание молоди;
- выкашивание водной растительности, удобрение лиманов;
- спуск лиманов, учет молоди;
- агромелиоративные работы.

1.7 Использование рисовых полей и торфоваыработок

Выращивание рыбы на рисовых полях осуществляют в широких масштабах в Индонезии, Китае, Японии, Индии, Судане, Венгрии, Италии и других странах. Рисовые поля (чеки) представляют собой участки поля, перегороженные земляными валиками (рисунок 2). Для выращивания риса в чеках глубина воды должна достигать 15-25 см и более. Совместное вы-

ращивание риса и рыбы возможно при затоплении водой чеков в течение всего сезона.



- 1 - рыбные ямы 2х2 м ($h = 40$ см); 2 - главные каналы; 3-5 - боковые каналы;
6 - водовыпуски; 7 - водовпуски; 8 - валы; 9 - водосбросный канал;
10 - оросительный канал.

Рисунок 2 - Рисовые чеки (по Мамонтовой, 2012)

Рисовые чеки должны быть правильно спланированы, ямы и понижения засыпаны, валики укреплены, в местах подачи и сброса воды устанавливают металлические решетки, предохраняющие от ухода рыбы из чеков. В голове магистрального водоподающего канала устраивают рыбозаградительное сооружение, предупреждающее проникновение дикой рыбы в рисовые чеки. Для вылова рыбы по дну чеков, вдоль разделительных валиков, устраивают каналы глубиной 0,2-0,3 м, шириной 0,3-0,5 м. Рыбу можно выращивать также на парующих чеках [9].

Использование торфяных выработанных месторождений. При строительстве прудов на торфокарьерах используются уже существующие водохранилища и каналы торфопредприятий. Для сброса воды из прудов по возможности приспособливают имеющуюся осушительную сеть торфопредприятий. На карьерах гидроторфа за 1-2 года до строительства

прудов проводят работы по устройству осушительной сети по наиболее пониженному рельефу местности. Каналы осушительной сети располагают параллельно один другому на расстоянии 60-100 м в зависимости от вида торфа; вода из понижений также отводится каналами в сборный канал.

На прудах, построенных *на выработанных фрезерных полях*, в качестве осушительной сети используют пригодную картовую сеть торфопредприятий и устраивают специальный сборный канал. Пруды, построенные на фрезерных выработанных полях, имеют значительно большую фильтрацию, чем пруды, расположенные на карьерах гидроторфа. Это обуславливается более низким залеганием грунтовых вод в результате проведения осушительной мелиорации, необходимой по условиям разработки фрезерного торфа. Кроме того, наличие глубокой осушительной сети (валовой и коллекторной) торфопредприятий, дренажа и трещин также усиливает фильтрацию воды из прудов, построенных на фрезерных полях [10].

Для сокращения фильтрации воды из прудов на фрезерных полях необходимо: осушительную сеть торфопредприятий засыпать увлажненным измельченным торфом с послойным уплотнением; расстояние между глубокой осушительной сетью (глубиной более 1,5 м), которая может быть использована при эксплуатации прудов, и контурными дамбами прудов оставлять не менее 30 м (для водопроницаемых грунтов); с напорной стороны дамб устраивать торфяной зуб; производить тщательную заделку торфом дрен и трещин по ложу прудов. После осушения участков под пруды сводят кустарник, корчуют лес и пни по ложу прудов. Ложе прудов обрабатывается путем вспашки, рыхления, удаления корней деревьев и корневищ растений. Далее следует планировка ложа.

После осушения участков под пруды одновременно с проведением мелиоративных работ по ложу прудов приступают к отсыпке дамб прудов. Устройство дамб может производиться в зависимости от дальности транспортировки грунта и проходимости механизмов. Используются скреперы, бульдозеры, экскаваторы, погрузочные краны. Планировка откосов и гребня дамб осуществляется бульдозером или планировщиками откосов. При строительстве дамб прудов из торфа его измельчают, перемешивают и послойно уплотняют (через 0,3 м) гусеницами механизмов. При строительстве дамб из торфо-минеральной смеси равномерное перемешивание компонентов смеси достигается двух-трехкратной переброской ее экскаватором драглайн.

1.8 Классификация гидротехнических сооружений

Гидротехнические сооружения служат для использования водных ресурсов и для борьбы с отрицательным действием вод.

Гидротехнические сооружения делят на *постоянные* и *временные*. К временным сооружениям относятся сооружения, используемые только в период строительства или ремонта постоянных сооружений. Постоянные сооружения подразделяются на *основные* и *второстепенные* [13].

К основным относятся сооружения (плотины, дамбы, водосбросы, водоприемники и водозаборные сооружения, деривационные оросительные и судоходные каналы, туннели, трубопроводы, здания электростанций, насосные станции, шлюзы, судоподъемники, рыбозащитные, рыбопропускные сооружения), разрушение которых приводит к нарушению нормальной работы электростанций, прекращению подачи воды в оросительные каналы, подтоплению осушаемой и затоплению обвалованной площади, прекращению или сокращению судоходства, прекращению лесосплава или деятельности речного порта [6].

К второстепенным относятся сооружения (ремонтные затворы, льдозащитные сооружения, струенаправляющие стенки и дамбы, причалы для неосновных грузов, берегоукрепительные сооружения, служебные мостики), разрушение которых не приводит к серьезным нарушениям работы электростанций, прекращению подачи воды в оросительные каналы, подтоплению осушаемой и затоплению обвалованной площади, прекращению или сокращению судоходства, прекращению лесосплава или деятельности речного порта.

При проектировании гидротехнических сооружений широко применяют типовые проекты, разработанные различными проектными организациями.

По *целевому назначению* гидротехнические сооружения разделяются на следующие виды [13]:

- водоподпорные, создающие и испытывающие на себе подпор воды, а также удерживающие перед собой значительные объемы воды - плотины (глухие и водосливные), дамбы, плотинные водозаборные сооружения и др.;
- водопропускные, служащие для пропуска излишних паводковых вод, для частичного или полного выпуска воды из водохранилища - водосбросы и водоспуски;

- водопроводящие, служащие для подвода или отвода воды из одних пунктов в другие - каналы, трубопроводы, туннели и др.;

- водозаборные, забирающие воду из реки или водохранилища и направляющие ее по каналам или трубопроводам на гидроэлектростанции, на оросительную систему и т. д.;

- регуляционные, или выправительные, регулирующие условия протекания воды в руслах и предохраняющие дно и берега русла от размыва или отложения наносов, - берегоукрепительные сооружения, струенаправляющие дамбы и др.

По *водохозяйственному назначению* гидротехнические сооружения разделяются на общие и специальные. Общие гидротехнические сооружения применяются в нескольких или во всех отраслях водного хозяйства (водоподпорные, водопроводящие, водосбросные, водозаборные и регуляционные сооружения).

Специальные гидротехнические сооружения применяются только в одной какой-либо отрасли и являются для нее специфическими. Например, сооружения: гидроэнергетические (здания гидроэлектростанций, напорные бассейны, уравнильные башни и др.); водного транспорта (судоходные шлюзы, судоподъемники, причальные сооружения, лесосплавные и лесопропускные сооружения и др.); гидромелиоративные (регуляторы, отстойники, оросительная и осушительная сеть, дренажные устройства и др.); для целей водоснабжения (водозаборы, насосные станции, фильтры, пруды-охладители, брызгальные бассейны, очистные сооружения и др.); для целей рыбного хозяйства (рыбоходы, рыбоподъемники, рыбоводные пруды и бассейны) [15].

Все постоянные гидротехнические сооружения делят на четыре класса (с I до IV). Класс устанавливают в зависимости от народнохозяйственного значения сооружений с учетом последствий при их аварии или нарушении их эксплуатации (СНиП). При этом принимают во внимание: наличие в нижнем бьефе населенных пунктов, предприятий и объектов народного хозяйства, транспортных магистралей и т. п.; наибольшую высоту водоподпорных сооружений и объем водохранилища; геологическое строение основания, сейсмичность района, топографическое строение долины и т. п.

Гидротехнические сооружения делятся на четыре класса в зависимости от капитальности: сооружения, удовлетворяющие повышенным требованиям,

относят к I, средним - ко II, ниже средним - к III, минимальным - к IV классу. Рыбохозяйственные сооружения (постоянные и временные) относят к IV классу.

Классы постоянных гидротехнических сооружений в зависимости от их высоты и видов грунтов основания принимаются по таблице 1. Если авария водоподпорного сооружения может вызвать последствия катастрофического характера для расположенных ниже городов, крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, то класс сооружения, допускается повышать в соответствии с масштабом последствий при надлежащем обосновании. Если же авария водоподпорного сооружения не вызывает катастрофических последствий в нижнем бьефе (при расположении гидроузла в необжитом районе или у моря), то класс их, допускается понизить на единицу.

В зависимости от вида и размера гидротехнических сооружений класс их принимается по таблице 2.

Класс основных водоподпорных гидротехнических сооружений принимается по наибольшему его значению, определяемому по таблицам 1 и 2 [6].

К временным гидротехническим сооружениям относятся такие, которые используются только в период строительства или ремонта постоянных сооружений. Временные сооружения допускается относить к IV классу, если авария их может вызвать последствия катастрофического характера для строительной площадки, населенных пунктов, сооружений и предприятий или вызвать значительную задержку возведения основных сооружений объектов I, II и III классов. Перемычки и строительные туннели, при надлежащем обосновании, допускается относить к III классу.

Для сооружений мелиоративных систем класс назначают в зависимости от площади обслуживаемых ими мелиорируемых земель.

Класс основных гидротехнических сооружений комплексного гидроузла, обеспечивающих одновременно действие нескольких объектов, относящихся к различным отраслям народного хозяйства (энергетика, речной транспорт, мелиорация, водоснабжение), устанавливают как для объекта, показатели которого соответствуют наиболее высокому классу.

Таблица 1 - Классы водоподпорных гидротехнических сооружений

Наименование водоподпорных сооружений	Виды грунтов основания	Классы сооружений			
		I	II	III	IV
		Высота сооружения, м			
Плотины из грунтовых материалов	Скальные	>100	70-100	25-70	<25
	Песчаные, крупнообломочные, глинистые в твердом и полутвердом состоянии	>75	35-75	15-35	<15
	Глинистые водонасыщенные в пластическом состоянии	>50	25-50	15-25	<15
Плотины бетонные и железобетонные, подводные конструкции зданий гидроэлектростанций, судоходные шлюзы, судоподъемные сооружения, подпорные стены и другие бетонные сооружения, участвующие в создании напорного фронта	Скальные	>100	60-100	25-60	<25
	Песчаные, крупнообломочные, глинистые в твердом и полутвердом состоянии	>50	25-50	10-25	<10
	Глинистые водонасыщенные в пластическом состоянии	>25	20-25	10-20	<10

Таблица 2 - Классы гидротехнических сооружений в зависимости от последствий нарушения их эксплуатации

Наименование объектов гидротехнического строительства	Классы сооружений	
	основных	второстепенных
Гидротехнические сооружения гидравлических, гидроаккумулирующих и тепловых электростанций мощностью, млн. кВт:		
>1,5	I	III
<1,5	II—IV	III—IV
Гидротехнические сооружения атомных электростанций мощностью, тыс. кВт:		
>500	I	III
101 - 500	II	III
<100	III	IV
Гидротехнические сооружения на внутренних водных путях:		
сверхмагистральных	II	III
магистральных и местного значения	III	IV
местного значения на малых реках	IV	IV
Сооружения речных портов с навигационным грузооборотом, млн. усл. т		
>3	II	III
0,15 - 3	III	IV
<0,15	IV	IV
Речные гидроузлы и магистральные каналы оросительных систем при площади орошения более 400 тыс. га	II	III
Речные гидроузлы и магистральные каналы мелиоративных систем при площади орошения и осушения, тыс. га:		
51—400	III	IV
<50	IV	IV

Основные гидротехнические сооружения: плотины, дамбы; сооружения на водоподводящей системе - каналы, лотки, трубы, регуляционные сооружения; водосбросные сооружения различных типов; сопрягающие сооружения - перепады, быстротоки; сооружения на рыбосборно-осушительной системе – рыбосборно-осушительные каналы, донные водоспуски, рыбоуловители, сбросные каналы; рыбозаградительные и рыбозащитные сооружения, рыбопропускные сооружения, переходные сооружения - акведуки, дюкеры; и пр [8, 9, 20].

Все указанные сооружения располагают в рыбоводных хозяйствах в зависимости от размещения и характера источника водоснабжения, от рельефа местности и качества грунтов.

Сооружения, применяемые в рыбоводстве, проектируют на основе гидравлических, статических расчетов и соответствующих глав СНиП (строительных норм и правил).

При расчете гидротехнических сооружений учитываются нагрузки и воздействия, которые разделяются на постоянные и временные. Временные нагрузки и воздействия, в свою очередь, разделяются на длительные, кратковременные и особые.

К постоянным нагрузкам и воздействиям относятся: вес сооружений, вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление, гидростатическое, фильтрационное, поровое давление воды, противодействие в расчетных сечениях и строительных швах бетонных и железобетонных конструкций при нормальном подпорном уровне и нормальной работе противотифльтрационных и дренажных устройств; вес технологического оборудования, место расположения которого на сооружении не меняется в процессе эксплуатации; воздействие предварительного напряжения конструкций.

К временным длительным нагрузкам и воздействиям относятся: дополнительное давление грунта (сверхосновного давления грунта), возникающее вследствие деформации основания и конструкций или от температурных воздействий; давление отложившихся наносов; воздействия усадки и ползучести.

К кратковременным нагрузкам относятся [6]:

- нагрузки от судов (навал, швартовые и ударные), ледовые; волновые нагрузки, нагрузки от плавающих тел, давление от гидравлического удара в период нормальной эксплуатации, пульсационные нагрузки в безнапорных и

напорных водоводах;

- нагрузки от подъемных, перегрузочных и транспортных устройств и других конструкций и механизмов (мостовых и подвесных кранов и т. п.);
- снеговые, ветровые и температурно-климатические нагрузки и воздействия.

К особым нагрузкам и воздействиям относятся [6]:

- сейсмические и взрывные воздействия;
- дополнительное гидростатическое поровое давление воды и противодавление в расчетных сечениях и строительных швах бетонных и железобетонных конструкций при форсированном уровне;
- температурно-влажностные воздействия;
- дополнительное фильтрационное давление воды, возникающее в результате нарушения нормальной работы противифльтрационных и дренажных устройств;
- давление от гидравлического удара при полном сбросе нагрузки при прорыве затворов и зимних пропусках воды в нижний бьеф;
- воздействия неравномерных деформаций оснований, сопровождающиеся изменением структуры грунта (деформации просадочных грунтов при замачивании и вечномерзлых грунтов при оттаивании).

Расчет речных гидротехнических сооружений производят на основные и особые сочетания нагрузок. Основные сочетания нагрузок состоят из постоянных, временных длительных и кратковременных нагрузок и воздействий. Особые сочетания нагрузок включают постоянные, временные длительные, отдельные кратковременные и одну из особых нагрузок и воздействий. Нагрузки и воздействия принимаются в наиболее неблагоприятных, но возможных сочетаниях отдельно для эксплуатационного и строительного периодов.

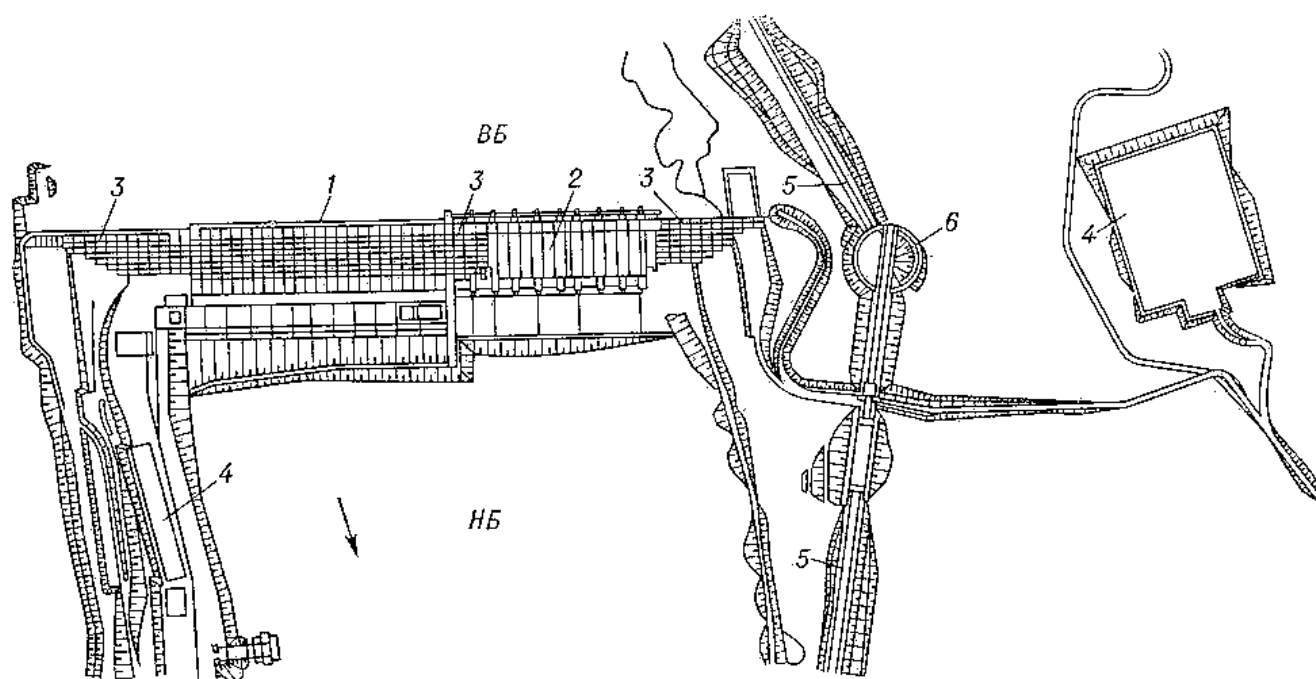
Гидротехнический узел или **гидроузел** - комплекс гидротехнических сооружений, расположенных на одном участке реки и связанных между собой назначением и совместной работой (рисунок 3, 4). С помощью речных гидроузлов управляют водными ресурсами.

По назначению различают гидроузлы водорегулирующие, водозаборные, воднотранспортные и комплексные; по виду водоисточника - речные, озерные, на каналах. По напору гидроузлы делятся на низконапорные - с напором воды в верхнем бьефе до 10-14 м, средненапорные - с напором 15-50 м,

высоконапорные - более 50 м.

Часть водоема или водотока, примыкающую к водоподпорному сооружению или напорному фронту гидроузла, называют *бьефом*. Бьеф, который расположен вверх по течению от подпорного сооружения, называется *верхним*, а вниз по течению - *нижним*.

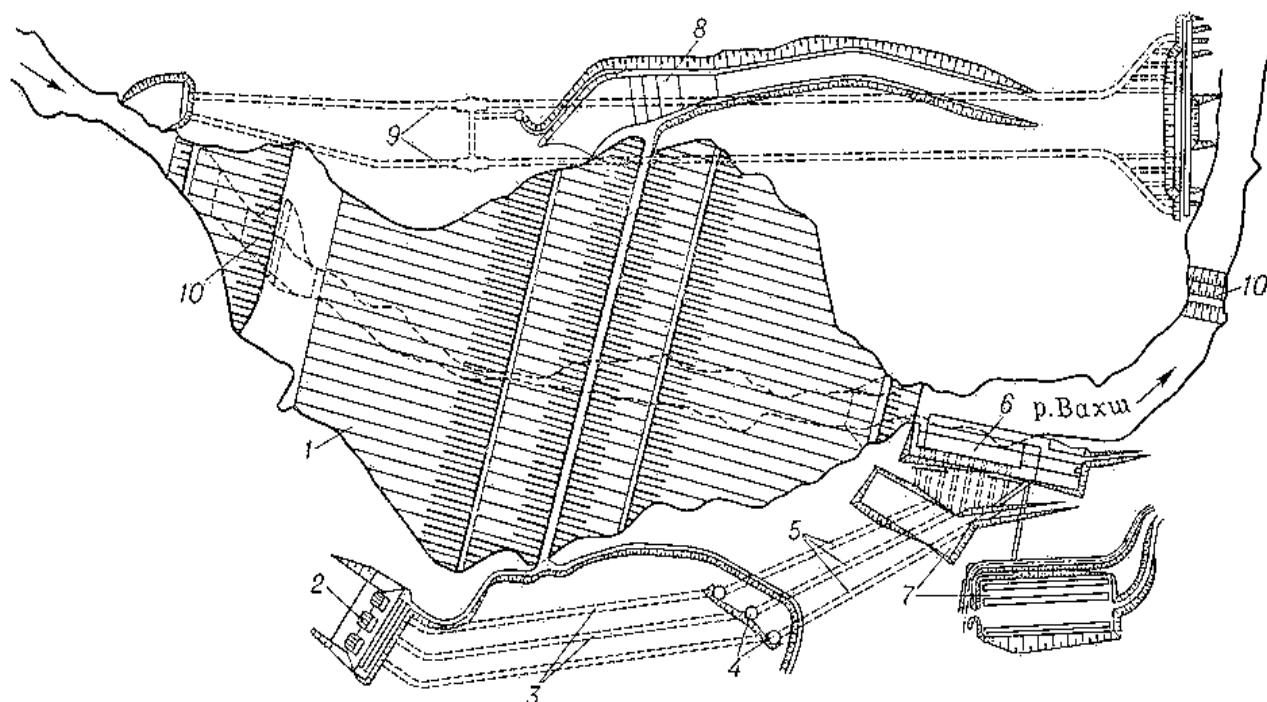
Речные низконапорные гидроузлы обычно состоят из водоподпорного сооружения в виде грунтовой плотины, водоспуска (водозабора) водосбросного сооружения и других сооружений в зависимости от назначения гидроузла. В состав гидроузла с водооборотной системой и системой с механическим забором и подъемом воды входит также насосная станция.



- 1 - здание ГЭС; 2 - водосливная часть плотины; 3 - глухая часть плотины;
4 - открытое распределительное устройство; 5 - наклонный судоподъемник;
6 - поворотный круг (мост) судоподъемника; ВБ - верхний бьеф; НБ - нижний бьеф.

Рисунок 3 - Схема гидроузла Красноярской ГЭС на р. Енисей (по Гриневскому и др., 1990)

Водохозяйственной системой, или *гидросистемой*, называется комплекс гидротехнических сооружений, охватывающий значительную территорию и включающий несколько гидроузлов, объединенных общностью задач (комплекс гидростанций на реке, системы водоснабжения, оросительные и осушительные системы и др.).



- 1 - плотина; 2 - водоприемник ГЭС; 3 - напорные водоподводящие туннели;
 4 - уравнильные резервуары; 5 - турбинные водопроводы; 6 - здание ГЭС;
 7 - открытое распределительное устройство; 8 - открытый водосброс с отводящим каналом; 9 - строительные туннели; 10 - верховая и низовая перемычки.

Рисунок 4 - Схема гидроузла Нурекской ГЭС на р. Вахш (по Гриневскому и др., 1990)



Рисунок 5 - Акуловский гидротехнический узел

В рыбоводных хозяйствах гидротехнический узел создается на малых

реках для поднятия уровня воды в реке до нужной отметки с целью обеспечения самотечного водоснабжения рыбоводных прудов, забора и подачи воды из водохранилища (головного пруда) в рыбоводные пруды, полного спуска воды из водохранилища, сброса излишка паводковых вод из верхнего в нижний бьеф.

Все сооружения гидроузла связаны между собой, поэтому проектирование его начинают с компоновки, которая заключается в выборе створа земляной плотины, мест расположения водозаборных и водосбросных сооружений и увязке основных их отметок (отметки уровней воды в водохранилище, гребня плотины, порога водосбросного сооружения и т. д.).

При проектировании речных гидроузлов, как правило, исходят из условия комплексного использования стока рек для удовлетворения потребностей в воде различных отраслей хозяйства, в том числе нужд энергетики, водоснабжения, ирригации, водного транспорта, рыбного хозяйства и др. В связи с этим в состав гидроузлов наряду с плотиной обычно включают в том или ином сочетании различные специальные гидротехнические сооружения, такие, как гидроэлектростанцию, водозабор, водосброс, судоходный шлюз, рыбозащитное устройство и т. п. Большое число этих сооружений при значительном разнообразии природных условий и требований, предъявляемых к размещению каждого из них, существенно осложняет компоновку гидроузла [19].

При заданном составе сооружений проектируемого гидроузла на их компоновку оказывают существенное влияние такие факторы, как топографические и геологические условия на участке расположения створа, водность реки, напор, условия строительства отдельных сооружений, условия эксплуатации сооружений гидроузла и др.

Топографические условия на участке расположения створа гидроузла должны обеспечивать минимальную длину фронта напорных сооружений без значительного затопления прилегающих к водохранилищу промышленных и сельскохозяйственных территорий. Рельеф местности должен позволять осуществление строительства необходимой сети автомобильных дорог. Геологическое строение основания и берегов должно быть благоприятным в отношении как несущей способности пород, так и их фильтрационных свойств. Для размещения бетонных и каменнонабросных подпорных сооружений следует отдавать предпочтение скальному основанию.

Рациональная компоновка гидроузла должна обеспечивать: компактное расположение бетонных сооружений во избежание большого числа их сопряжений с грунтовыми сооружениями; концентрацию бетонного хозяйства; надежные пропуск строительных расходов воды в течение всего периода строительства; максимальное использование местных строительных материалов без нарушения окружающей природной среды; возможность возведения гидроузла в кратчайшие сроки с минимальными затратами дефицитных строительных материалов и максимальным использованием совершенных методов возведения и совершенного оборудования; доступность сооружений для подвоза строительных материалов и оборудования.

При компоновке гидроузла стремятся к тому, чтобы он был компактным, а все сооружения могли наилучшим образом выполнять свои функции в период эксплуатации и допускали возможность их ввода во временную эксплуатацию при неполном напоре. Необходимо создание в верхнем и нижнем бьефах благоприятного гидравлического режима, особенно при пропуске через сооружение паводковых вод и льда. Направления и значения скоростей течения должны обеспечивать плавный подход воды к водопропускным сооружениям и исключать как размыв берегов в зоне расположения сооружений, так и отложение наносов с их верховой стороны. Все сооружения гидроузла должны быть связаны автомобильными дорогами и доступны для выполнения ремонтных работ [15, 16].

При компоновке всех гидроузлов и особенно гидроузлов комплексного назначения наряду с указанными выше факторами следует учитывать: современное и перспективное размещение потребителей энергии и воды для орошения и водоснабжения; возможное развитие гидроузла в будущем — повышение напора, строительство судоходного шлюза или судоподъемника, строительство нового водозабора и т. п.; обеспечение надежной транспортной связи с внешними магистральными дорогами; использование сооружений гидроузла в качестве мостового перехода для транзитного автомобильного и железнодорожного транспорта.

Проектируемые гидроузлы в зависимости от природных условий и создаваемых ими напоров подразделяют на безнапорные, низконапорные (напор до 10 м), средненапорные (напор от 10 до 50 м) и высоконапорные (напор 50 м и более).

К безнапорным гидроузлам относят бесплотинные поверхностные

водозаборы, осуществляющие в основном самотечный отбор воды из реки в канал при бытовых уровнях в реке. Эти водозаборы устраивают главным образом для целей ирригации, обводнения, промышленного и питьевого водоснабжения.

По условиям отбора воды из реки в магистральный канал водозаборы делят на два типа: нерегулируемые и регулируемые. В нерегулируемых водозаборах забираемый расход определяется уровнями реки. В регулируемых водозаборах подачу воды в канал осуществляют с помощью регулятора или насосной станции, позволяющих подавать требуемый расход воды при любом уровне воды в реке.

Местоположение и компоновка безнапорных гидроузлов, а также тип водозаборов определяются рядом факторов; условиями и величиной отбора воды из реки; топографическими, геологическими и гидрологическими условиями используемого участка реки; климатическими условиями района и др.

Низконапорные гидроузлы строят на равнинных и горных реках для подъема уровня воды в целях обеспечения судоходства, лесосплава, отбора воды на ирригацию и водоснабжение, а также в энергетических целях, в том числе при сооружении деривационных гидроэлектростанций.

В зависимости от характера реки и назначения гидроузлов в их состав кроме плотины могут входить судоходные шлюзы, водозаборные и лесосплавные сооружения, здания гидроэлектростанций и рыбопропускные устройства.

Особенностью низконапорных гидроузлов является их расположение в большинстве случаев в пределах русла реки и пониженной части ее поймы.

Средненапорные гидроузлы строят либо на равнинных многоводных реках с широкой поймой, сложенных, как правило, нескальными грунтами, либо на горных и предгорных реках с неширокими поймами, протекающих в полускальных или скальных породах.

Основное назначение данных гидроузлов - энергетическое, но обычно они используются также для целей судоходства, ирригации, промышленного и питьевого водоснабжения. Почти на всех гидроузлах имеются судоходные сооружения.

В состав сооружений гидроузла входят бетонная или железобетонная водосливная плотина, здание гидроэлектростанции, судоходные шлюзы,

плотина из грунтовых материалов.

При строительстве гидроузлов среднего напора на равнинных реках применяют три основные схемы компоновки: русловую, пойменную и полупойменную. При применении русловой схемы компоновки водосливную плотину и здание гидроэлектростанции располагают в русле реки, а пойменные участки створа перекрывают земляной плотиной. При пойменной схеме водосливную плотину и здание гидроэлектростанции располагают в пойме, а русло и другие участки поймы перекрывают плотиной из грунтовых материалов. Полупойменная схема компоновки отличается меньшей врезкой бетонных сооружений в берег, так как часть их располагают в русле.

Высоконапорные гидроузлы по характеру использования сооружений и их компоновке могут быть двух типов [11]:

1) на горных реках в глубоких относительно узких ущельях в условиях скальных оснований и берегов при сравнительно небольших максимальных расходах воды (до 4—6 тыс. м³/с);

2) на предгорных и равнинных многоводных реках с максимальными расходами воды 10—20 тыс. м³/с и более в условиях скальных оснований.

В состав сооружений высоконапорных гидроузлов входят высокая плотина; водосбросы, обеспечивающие пропуск строительных и эксплуатационных расходов воды; здание гидроэлектростанции с водозабором и отводящими устройствами; ирригационные водозаборы. Иногда в узлах второго типа устраивают судоподъемники и судоходные шлюзы, а также устройства для пропуска леса.

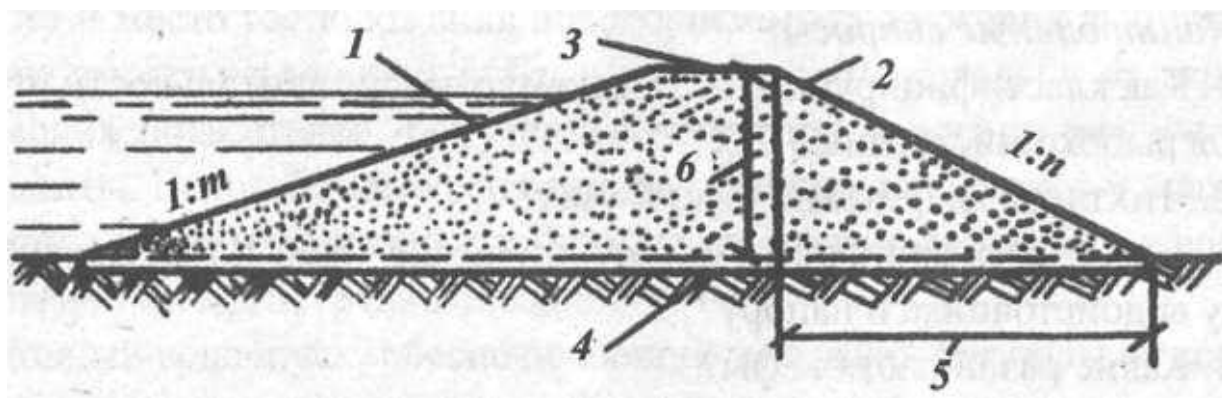
2 Плотины

2.1 Плотины из грунтовых материалов

Плотины из грунтовых материалов - водоподпорные сооружения, возводимые из естественных или искусственных грунтов. Искусственные грунты - грунты природного происхождения, закрепленные и уплотненные различными методами, а также смеси естественных грунтов, насыпные и намывные грунты, твердые отходы промышленной и хозяйственной деятельности (отходы горно-обогатительных предприятий, шлаки металлургической промышленности и др.).

Земляная плотина - гидротехническое сооружение из естественных грунтов (однородных или разнородных), перегораживающее русло водотока и удерживающее воду с одной стороны на более высоком уровне, чем с другой. Разность уровней воды в верхнем (ВБ) и нижнем бьефах (НБ) называется напором плотины [2, 20].

По высоте различают земляные плотины: высокие — с максимальным напором более 50 м; средние — с напором 15 - 50 м; низкие - с напором до 15 м. В рыбоводных хозяйствах строят в основном малонапорные земляные плотины высотой до 10 м (рисунок 6).



1 - верховой откос; 2 - низовой откос; 3 - гребень; 4 - подошва;
5 - заложение низового откоса; 6 - высота.

Рисунок 6 - Поперечное сечение земляной плотины (по Мамонтовой, 2012)

Земляные плотины можно возводить почти при любых геологических

условиях местности. Они просты по конструкции, устойчивы, долговечны, и стоимость возведения их небольшая. Земляные плотины строятся из местного материала — грунта, который не требует предварительной обработки и разработка которого в карьерах не вызывает больших затруднений.

При строительстве земляных плотин можно применять различные землеройные машины и механизмы. Земляные плотины можно возводить большой высоты.

Для возведения земляных плотин можно применять все виды скальных грунтов (рисунок 7). Исключением являются грунты, содержащие примеси неразложившихся органических включений, использование которых допускается при надлежащем обосновании. Применение в земляных плотинах илистых грунтов и плотных труднорабатываемых глин допускается при наличии технико-экономического обоснования.



Рисунок 7 - Возведение земляной плотины Усть - Среднеканской ГЭС

Для низовых частей профиля земляных плотин всех типов допускается применять песчаные, гравийные и галечниковые грунты.

При проектировании тип земляной плотины принимается в зависимости от наличия на месте строительства грунта для возведения плотины и рода грунта в ее основании. При наличии в основании иловатых и переувлажненных глинистых грунтов предусматривается дренирование

основания. Грунты, содержащие неразложившиеся растения и корни, а также ходы землеройных животных, как правило, удаляются из основания или прорежутся зубом. Грунты, содержащие водорастворимые соли (более 5% по массе), удаляются из основания или принимаются специальные меры для предотвращения их выщелачивания или снижения их количества до практически безопасных пределов. Наличие в основании галечниковых, гравелистых и крупнопесчаных грунтов требует устройства понура перед плотиной или пересечения этих грунтов зубом, инъекционной завесой и т. п.

По способу производства работ различают насыпные и намывные земляные плотины. Земляные плотины можно строить из водонепроницаемых и водопроницаемых грунтов на водонепроницаемом и водопроницаемом основании [3, 21].

Насыпные плотины бывают с искусственным уплотнением и без него: отсыпка в воду, отсыпка при помощи взрыва на выброс и др.

Кроме достоинств, грунтовые плотины имеют и недостатки:

- невозможность сброса максимальных расходов через гребень плотины;
- необходимость устройства сбросного сооружения для пропуска паводковых вод;
- наличие в теле плотины фильтрационного потока, который способен создавать условия для фильтрационных деформаций;
- возможность больших потерь воды на фильтрацию, если тело плотины выполнено из грунтов повышенной водопроницаемости;
- трудность укладки насыпи при минусовых температурах;
- неравномерность осадок по поперечному профилю плотины;
- ограничения в использовании некоторых видов грунтов для тела плотины и оснований.

Плотины из грунтовых материалов практически всегда бывают глухими, т. е. не допускают перелива воды через гребень. За счет подпора воды плотиной в верхнем бьефе образуется водохранилище. В нем различают три расчетных уровня воды и соответствующие им объемы [20]:

- нормальный подпорный уровень (НПУ) - расчетный уровень, устанавливаемый водохозяйственным расчетом, исходя из требуемого полезного объема водохранилища, топографии чаши, а также объема стока;
- форсированный подпорный уровень (ФПУ) - уровень, до которого

допускается временное затопление части территории (выше НПУ); отметку наибольшего форсированного уровня обычно принимают исходя из условий пропуска поверочного паводкового расхода водотока с учетом ущерба от временного затопления территорий, прилегающих к водохранилищу;

- уровень мертвого объема (УМО) - наинизший уровень, до которого допускается опорожнение водоема; зависит от срока службы водохранилища и интенсивности его заиления, санитарных требований, требуемой отметки командования над орошаемой площадью или рыбоводной акваторией;

- полный объем водоема W - объем, заключенный между дном чаши водоема и зеркалом воды на отметке НПУ (равен сумме полезного объема W_n и мертвого объема $W_{умо}$);

- полезный объем водоема $W_{плз}$ - объем, заключенный между отметками НПУ и УМО, срабатывается для хозяйственных целей;

- мертвый объем водоема $W_{умо}$ - объем, заключенный между дном чаши водоема и отметкой уровня УМО; предназначен для осаждения в нем наносов;

- неопорожняемый объем $W_{но}$ - часть мертвого объема, расположенная ниже отметки порога водосливных (водоспускных) отверстий и поэтому не опорожняемая самотеком;

- противопаводковый объем $W_{пп}$ - часть полного объема, срабатываемая перед пропуском паводка и используемая для регулирования величины паводкового расхода;

- объем форсировки $W_{ф}$ (резервный объем) - объем, заключенный между отметками НПУ и ФПУ.

Основные требования при проектировании и возведении грунтовых плотин следующие [15]:

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

- откосы и гребень плотины должны иметь покрытия, защищающие их от волновых, ледовых и атмосферных воздействий;

- дренажные устройства должны обеспечивать сбор и организованный отвод фильтрующейся воды, предотвращать фильтрационные деформации в теле и основании сооружений;

- строительные и эксплуатационные деформации плотины, ее отдельных элементов и основания не должны вызывать нарушения нормальной работы

сооружения.

Выбор створа плотины. На положение створа плотины оказывают влияние различные условия: строительные, топографические, гидрологические, инженерно-геологические, трассировка водосбросного тракта, хозяйственные и др. В процессе выбора створа плотины на плане намечается ряд возможных вариантов. Окончательный выбор производится на основании технико-экономического сопоставления вариантов.

Створ плотины наиболее целесообразно располагать в самом узком месте водотока - это дает минимальный объем земляных работ, руководствоваться необходимо топографией. Желательно, чтобы водохранилище при выбранном створе имело минимальную площадь зеркала воды - это сокращает площади затопления и потери воды на испарение. При этом подразумевается, что по контуру водохранилища не будет оградительных дамб, затраты на которые не дадут преимущества короткого створа [2, 21].

Учитывая геологические условия необходимо, чтобы грунты в основании плотины были прочны и способны принять на себя дополнительную нагрузку от сооружений. Для гидроузлов водохранилищ большую роль играет водопроницаемость грунтов как в створе плотины, так и в чаше водохранилища. Чем более мощный слой грунта с повышенным коэффициентом фильтрации в основании плотины, тем дороже и сложнее противофильтрационные работы, особенно когда работы проводят непосредственно в ложе водохранилища.

Особенно влияют на выбор створа плотины гидрологические условия, так как при стоке заданной обеспеченности возможно наполнение водохранилища только до заданного объема. На выбор створа плотины большое влияние оказывают расположение водосбросного тракта и размещение на нем сооружений.

На выбор створа плотины влияют также хозяйственные условия, использование запасов воды в водохранилище, удаленность узла сооружений от потребителя. В экономическом отношении лучшим вариантом створа плотины при котором сумма затрат на строительство и мероприятия в пределах водохранилища, отнесенная к единице продукции будет наименьшая. Следует также учитывать другие возможности эффективности и ущерба: организация или улучшения судоходства, улучшение водоснабжения,

рекреационный и социальный эффект, перекрытие путей миграции рыб и судоходства, влияние на прибрежные угодья и лесные массивы и т. д.

Основные элементы плотины. Тело грунтовой (земляной) плотины представляет собой трапецию, сверху ограниченную гребнем, с боков - откосами, снизу - подошвой. Линии пересечения откосов с основанием и гребнем плотины называют нижними и верхними бровками. *Основанием* называют слой грунта, на который опирается плотина своей подошвой. Высота плотины - расстояние между подошвой и гребнем. *Заложением откоса* называется его горизонтальная проекция, *высотой откоса* - его вертикальная проекция. *Уклоном откоса* называется отношение его высоты к заложению. *Коэффициент заложения* - отношение заложения к высоте [10].

При проектировании земляной плотины устанавливают размеры ее основных элементов: ширину гребня, превышение гребня над нормальным подпорным уровнем (НПУ), уклоны откосов.

Откосы земляных плотин принимаются в зависимости от типа плотины, ее высоты и рода грунта, из которого она возводится. Верховой откос, который находится под воздействием волн и льда и насыщен водой почти на всю высоту, делают более пологим, низовой откос - более крутым. Откосы плотин высотой до 15 м принимаются одинаковыми по высоте. При большей высоте следует принимать ломаное очертание верхового и низового откосов, постепенно уменьшая уклон их от гребня к основанию. В местах перелома уклона откосов, особенно на низовом откосе, часто строятся горизонтальные площадки - *бермы*. Бермы располагаются через 10 м по высоте плотин, ширина их 1,5—2 м [13, 20].

На верховом откосе бермы рекомендуется устраивать в конце крепления, что создает для него необходимый упор. На низовом откосе бермы следует использовать для устройства проездов, сбора и отвода атмосферных вод.

Ширину гребня плотины назначают исходя из условий эксплуатации сооружения и производства работ. При отсутствии специальных дорог по гребню минимальная ширина его должна быть не менее 3 м, гребень покрывают дерном. При наличии движения ширина гребня плотины должна быть не менее 5,5 м. Проезжую часть гребня укрепляют одеждой, в состав которой входят покрытие и основание, а по бровкам устанавливают надолбы (каменные, бетонные или железобетонные), которые предохраняют транспорт от падения под откос.

По способу производства работ различают насыпные и намывные грунтовые плотины. Насыпные плотины бывают как с искусственным уплотнением и так без него. Их выполняют отсыпкой в воду, отсыпкой при помощи взрыва на выброс и другими способами.

Насыпные земляные плотины. При проектировании, тип плотины (рисунок 8) принимается в зависимости от наличия и рода грунта в ее основании на месте строительства грунта.

На водонепроницаемом основании можно возводить следующие *типы грунтовых плотин*:

- однородные;
- с пластичным или жестким экраном; с ядром;
- с понуром; с диафрагмой; из разнородных грунтов (с водонепроницаемой верховой призмой).

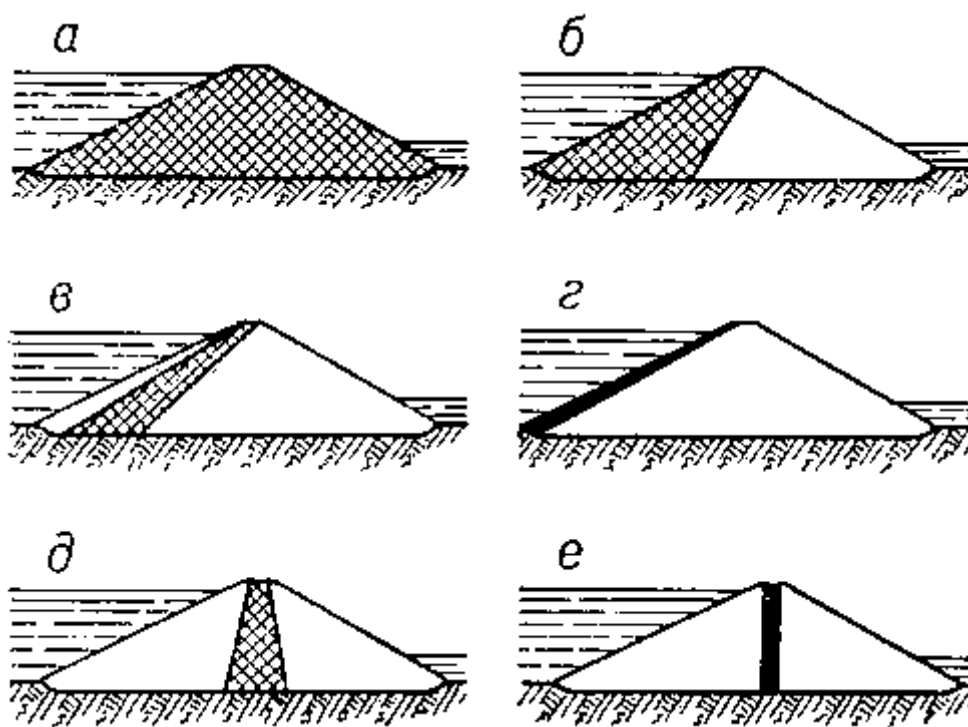
Насыпные плотины рыбоводных хозяйств проектируют следующих различных типов:

- из однородного глинистого грунта с защитным слоем из песка средней крупности и крупного;
- из однородного песчаного грунта с защитным слоем из песков разной крупности;
- из песка (кроме пылеватого) с экраном из глинистых грунтов, прикрытых защитным слоем из песка;
- из песка с ядром из глинистых грунтов;
- из песчаных грунтов с экраном из водонепроницаемой пленки, прикрытых защитным слоем из песка;
- из песка с асфальтобетонным экраном;
- из двух или трех видов грунтов с ядром из шины или суглинка;
- из однородных глинистых или песчаных грунтов на торфах.

Однородные плотины строятся практически из всех относительно водонепроницаемых грунтов (в основном из суглинков и супесей). Глину и песчаные грунты не используют, так как глина при намокании расползается, при высыхании дает трещины, а при замерзании воды в трещинах пучится.

Плотины из легких и средних суглинков возводятся без защитного слоя. При возведении плотин из тяжелых суглинков и глин с содержанием глинистых частиц 20% и более в районах с суровыми зимами целесообразно устраивать защитный слой из гравийно-песчаного или песчаного грунта по

откосам и гребню плотины. Толщина защитного слоя должна быть не меньше глубины промерзания грунта. Для однородных плотин можно также использовать песчаные грунты при значении фильтрационного расхода воды, допустимого по водохозяйственным расчетам. Можно также использовать суглинистые и супесчаные грунты с содержанием водорастворимых солей до 5 % включительно по массе. При надлежащем обосновании допускается использовать грунты с содержанием водорастворимых солей более 5 % по массе.



а - из однородного грунта; б - из разнородных грунтов (с водонепроницаемой верховой призмой); в - с экраном из грунтового материала; г - с экраном из негрунтового материала (бетона, железобетона, металла и др); д - с ядром; е - с диафрагмой.

Рисунок 8 - Типы земляных плотин (по Гришину, 1979)

В однородных грунтовых плотинах лучше всего устраивать дренажи со стороны низового откоса.

Плотины с пластичным экраном устраиваются когда тело плотины возводится из водопроницаемых грунтов (песков, супесей).

Экран - водонепроницаемая преграда, расположенная со стороны верхового откоса плотины т.е. вдоль откоса, уменьшающая фильтрацию воды через тело плотины.

Экран делают из суглинка, смеси глины (не больше 54 %) и песка, глинобетона (глины 24 %, песка 36 %, гравия 40 % по объему) и торфа. Торфяные экраны делят на сплошные и слоистые. Слоистые экраны состоят из 2-3 слоев торфа, между которыми укладывают слой песка. Толщина каждого отдельного слоя - не менее 0,5 м. Для экранов используют хорошо разложившийся торф (степень разложения не менее 50 %), не замороженный и не высохший до воздушно-сухого состояния. Торфяные экраны используют только для низких и средних по высоте плотин [4, 16].

Для защиты от промерзания с верховой стороны пластичный экран покрывается защитным слоем (толщина 1-1,5 м у основания плотины) из гравийно-песчаного грунта, песка, супеси, гравия или щебня.

Экраны более удобны для осмотра и ремонта, чем ядро. Экран более подвержен деформациям при осадке основания или тела плотины и для него требуется больше материала.

Плотины с жестким экраном возводят при отсутствии соответствующих грунтов для пластичного экрана. Жесткие экраны бывают бетонные или железобетонные. Экраны имеют сложную конструкцию, их стоимость больше по сравнению с пластичными. Жесткие экраны применяются редко, так как при осадке тела плотины в них могут появляться трещины [20].

Понур - водонепроницаемое покрытие, расположенное в верхнем бьефе, служит для увеличения (удлинения) путей фильтрации под плотинной. Длина понура соответствует 2-3 Н (где Н - напор), толщина не менее 0,5 м. Понур покрывают защитным слоем при возможности промерзания.

Ядро - водонепроницаемая преграда в теле плотины, располагаемая вертикально вдоль оси плотины. Рекомендуемая толщина ядра вверху не менее 0,6-0,8 м, внизу - $1/6 - 1/8$ Н. Врезку ядра в водонепроницаемое основание производят на глубину не менее 0,5 м, при этом толщина ядра при врезке составляет не менее 1 м.

Плотина с ядром возводится из водопроницаемых грунтов. Ядро уменьшает фильтрацию воды через тело плотины. Толщина ядра вверху - не менее 0,8 м и внизу - не менее 0,1 Н.

Плотины с диафрагмой возводятся при отсутствии соответствующих грунтов для ядра, а также при наличии скального основания (для лучшего сопряжения тела плотины с основанием). Диафрагмы изготавливаются из

бетона, железобетона, битумных материалов и металла. Толщина диафрагмы из бетона и железобетона в верхней части - не менее 0,3 м. Применение асфальтобетонных диафрагм можно рекомендовать в суровых климатических условиях.

Диафрагмы и ядра плотин недоступны для осмотра и ремонта. Располагать их следует под верховой бровкой гребня плотины. Вследствие неравномерной осадки тела плотины и разности гидростатического давления на гранях жесткой диафрагмы могут появляться трещины, поэтому предпочтение следует отдавать пластичному ядру.

В последнее время все более широкое применение находят экраны и диафрагмы из полимерных материалов. Они обладают рядом преимуществ: гибкость, водонепроницаемость, очень малая материалоемкость, химическая стойкость и морозостойкость. Для их устройства используют полимерные пленки толщиной 0,1-0,3 мм, укладываемые в один или в два слоя на подстилающий слой песка толщиной 0,1-0,3 м и пригружают защитным песчаным слоем большой толщины.

Пленочные диафрагмы выполняют так же, как и экран, но в виде вертикальной зигзагообразной конструкции в центре плотины. Пленочные противοфилътрационные устройства можно применять в плотинах III и IV классов, а при надлежащем обосновании - в плотинах I и II классов высотой до 60 м.

Плотины из разнородных по водонепроницаемости грунтов возводят в тех районах, где нет суглинка, но много камня, песка и гравия. Со стороны верхнего бьефа укладывают маловодопроницаемые грунты (суглинистые), которые по площади поперечного сечения должны занимать около 60 % и захватывать гребень плотины, далее укладывают слой песка, затем слой щебня и у низового откоса камень (каменная призма). При возведении тела плотины из суглинка и камня со стороны верхового откоса каменной наброски устраивают обратный фильтр, чтобы избежать вымывания частиц грунта из тела плотины [13].

Плотины с экраном и понуром строят при водопроницаемом основании для уменьшения фильтрации через него. Понур представляет собой водонепроницаемое покрытие в ВБ и, является продолжением экрана, удлиняя пути фильтрации под плотиной. Понур выполняют из глины или жирного суглинка. Длина понура не менее 5-6 Н, толщина не менее 0,5 м. Сверху понур

пригружают слоем песчано-гравелистого грунта толщиной 1,5-2,5 м учитывая глубину промерзания.

Плотины из торфа - особый тип плотин. Они сооружаются на торфяных залежах и в местах, где нет пригодных для строительства грунта. Торф допускается оставлять в основании при степени его разложения не менее 50 %. Для защиты от промерзания, высыхания и загорания откосы и гребень торфяных плотин покрывают слоем песка толщиной 0,3-0,5 м.

Плотины земляные намывные. Стоимость земляных работ при намыве плотин ниже, чем при применении землеройных механизмов. Для намыва плотин необходимо иметь грунт (на месте) и достаточное количество воды для разработки и укладки грунта в плотину. Разработку грунта в сухих карьерах ведут гидромонитором; под водой грунт разрабатывают землесосом.

По конструкции поперечного профиля земляные намывные плотины разделяют на плотины с водупорным ядром (расположено в центральной части поперечного профиля плотины) и плотины без ядра. Грунты, применяемые для намыва плотин, должны иметь определенный зерновой состав (диаметр частиц). Наиболее подходящими грунтами для намыва плотин являются песчаные грунты I и II групп.

Для намыва плотин без ядра лучшими грунтами являются пески средней крупности, пески мелкие с наименьшей степенью неоднородности и с минимальным (не более 12 %) содержанием частиц диаметром менее 0,05 мм.

Для намыва плотин с ядром лучшими грунтами являются пески гравелистые (крупные и средней крупности).

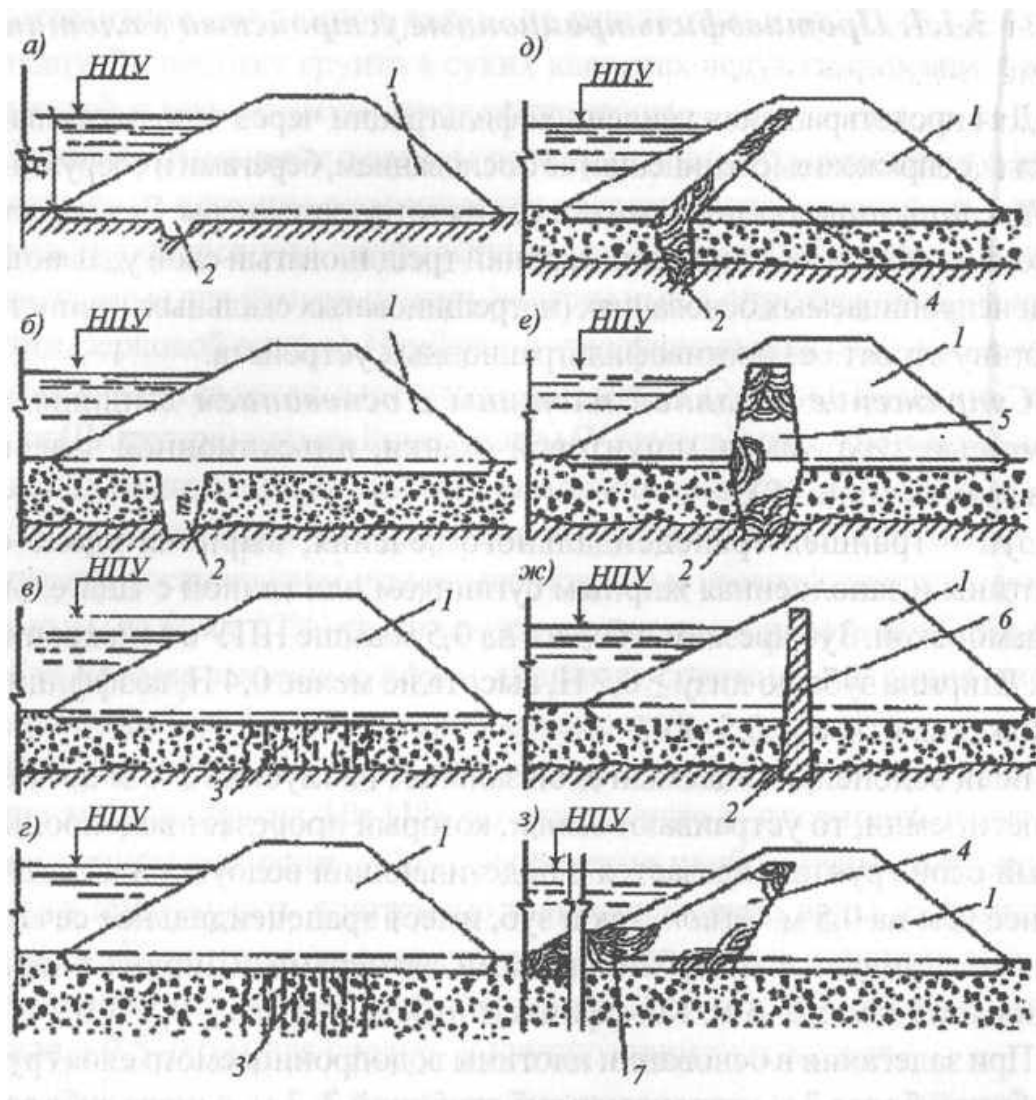
При устройстве плотины намывным способом происходит уплотнение материалов на 10-11 % по отношению к плотности грунта в естественном состоянии. Для обеспечения наибольшего уплотнения следует производить достаточно полное удаление воды из намытой плотины. Этого можно достичь, если ежедневный прирост высоты намывной плотины не будет превышать 0,25 м для мелкозернистых песков и 0,5-0,6 м для средне- и крупнозернистых песков.

2.2 Противофильтрационные устройства в плотинах

Для предотвращения усиленной фильтрации через тело плотины и в местах сопряжения (соединения) ее с берегами, основанием и сооружениями в

теле плотины предпринимают соответствующие меры. Если плотину возводят на скальном основании, то верхний слой (трещиноватый) удаляют. Плотину строят без противофильтрационных устройств на водонепроницаемых основаниях (нетрещиноватых скальных, глинистых).

Сопряжение земляной плотины с основанием выполняют с помощью зуба, замка, шпунтовой стенки, инъекционной завесы и диафрагмы (рисунок 9).



- а - однородная плотина с замком; б - однородная с глубоким замком; в - однородная с инъекционной завесой; г - однородная с «висячей» инъекционной завесой; д - с экраном и замком; е - с ядром и замком; ж - с диафрагмой и замком; з - с экраном и понуром;
- 1 - тело плотины; 2 - замок (зуб); 3 - противофильтрационная завеса; 4 - экран;
- 5 - ядро; 6 - диафрагма; 7 - понур.

Рисунок 9 - Типы плотин и их сопряжение с основанием (по Мамонтовой, 2012)

Зуб - траншея трапецеидального сечения, вырытая вдоль оси плотины и заполненная жирным суглинком или глиной с тщательной утрамбовкой. Зуб врезают в берега на 0,5 м выше НПУ в водохранилище. Ширина зуба по низу более 0,2 Н, высота не менее 0,4 Н, коэффициент заложения откосов равен 0,5-1,0.

Замок имеет трапецеидальное сечение, однако отличается от зуба большими размерами. Ширина нижнего основания 2-3 м. Коэффициент откосов - 0,5-1,0.

Замок устраивают, если водонепроницаемый слой залегает на глубине 2-3 м от поверхности земли, он прорезает водопроницаемый слой грунта и врежется в подстилающий водоупорный слой не менее чем на 0,5 м.

При залегании водопроницаемого слоя грунта глубиной более 3 м в основании плотины устраивают зуб глубиной 2-3 м, а ниже зуба забивают *шпунтовую стенку*. Верхнюю часть шпунта заделывают в зуб не менее чем на 0,5 м, а нижнюю часть шпунта - в водоупор не менее чем на 0,5-0,8 м.

При небольшой и средней мощности водопроницаемого слоя насыпь плотины сопрягают с основанием *диафрагмой*. Глубину заложения и размеры диафрагм устанавливают расчетным путем.

При значительной глубине залегания водоупора в основании плотин устраивают инъекционные цементационные и другие завесы, входящие в водонепроницаемую толщу основания, или висячие. Если толщина водопроницаемого слоя 5-7 м, то однородная плотина строится с противифльтрационной завесой (инъекционной или траншейной, выполняемой методом «стена в грунте») или шпунтовой стенкой, доходящими до водопроницаемого грунта. Вариант выбирают на основании инженерно-геологических условий объекта строительства и технико-экономических расчетов.

При толщине водопроницаемого слоя более 7 м, то плотину строят с «висячей» противифльтрационной завесой глубиной 0,5-0,1 Н.

Противофильтрационные завесы, выполняемые методом «стена в грунте», возводят как в основании, так и в теле плотины. Сущность метода «стена в грунте» заключается в отрывке траншеи, борта которой удерживаются от обрушения заполняющей их тиксотропной жидкостью (жидкость под которой происходит разработка грунта). В качестве тиксотропной жидкости в основном применяют глинистые суспензии

плотностью 1,1-1,2 т/м³, реже суспензии сапропелей.

Возведение противофильтрационных завес данным методом может осуществляться различными способами в зависимости от применяемых грунторазрабатывающих механизмов. В качестве противофильтрационных материалов для завес используются твердеющие (композиции с использованием глинистых грунтов и цементов в качестве вяжущего заполнителя) и нетвердеющие заполнители (комовая глина, заглинизированный песчаный грунт, глинистые пасты, песчано-сапропелевые составы, полимерные материалы).

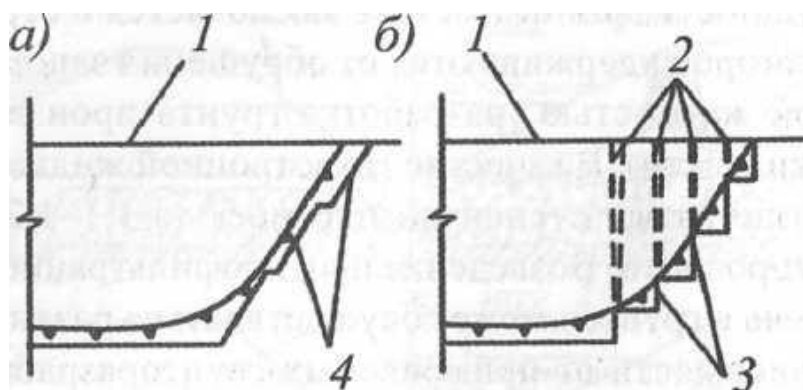
Глубина противофильтрационных завес, возводимых способом «стена в грунте», может достигать 25-30 м и более, их толщину назначают с учетом напора и материала завесы. Толщина завес, выполняемых непрерывным способом, обычно составляет 1-4 м.

Инъекционные завесы возводят путем бурения одного или нескольких рядов скважин, через которые под большим давлением нагнетают битум, глиноцементный, глинистый и другие растворы, уплотняющие поры водопроницаемого грунта. Число рядов скважин зависит от вида уплотняемых грунтов и требуемой толщины завесы. Глубина завес может достигать сотен метров. В трещиноватых скальных грунтах основания чаще всего устраивают цементационные завесы путем нагнетания цементного «молока» в скважины.

Сопряжение тела плотины с основанием и берегами. Тело плотины должно плотно примыкать к основанию и берегам. В основании тела плотины снимается и удаляется верхний растительный слой, обычно сильно фильтрующий. Глубина этого слоя бывает 0,3—0,4 м [2, 17].

Сопряжение тела плотины с берегами следует делать в виде наклонных плоскостей с горизонтальными или наклонными уступами (рисунок 10, а). Сопряжение уступами с вертикальными плоскостями (рисунок 10, б) не рекомендуется, так как при таком сопряжении в связи с резкими изменениями высоты могут возникать вертикальные трещины в теле плотины.

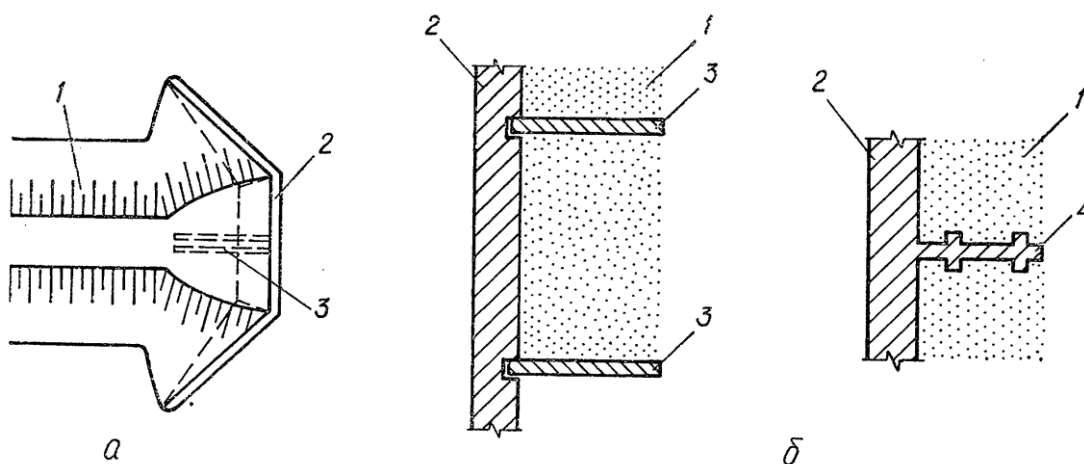
Экраны, ядра, диафрагмы заглубляются до водонепроницаемого грунта берега или на такое расстояние, чтобы фильтрация в берегах в обход тела плотины была неопасна.



а - наклонными плоскостями; б - вертикальными уступами (не рекомендуется);
1 - гребень плотины; 2 - поперечные трещины; 3 - вертикальные уступы;
4 - наклонные сопрягающие плоскости.

Рисунок 10 - Сопряжение тела плотины с берегами (по Мамонтовой, 2012)

При сопряжении тела плотины со стенками сооружений из других материалов скорости течения фильтрующей вдоль сопряжения воды должны быть безопасными, кроме того, должна быть обеспечена плотность примыкания грунта тела плотины к стенкам. Для получения безопасных скоростей течения воды, фильтрующей из верхнего в нижний бьеф, должна быть создана надлежащая длина пути фильтрации. Это достигается устройством открылков в стенках, а также бетонных, железобетонных или стальных диафрагм и шпор (рисунок 11).



а - план плотины; б - разрез; 1 - земляная плотина; 2 - стенка сооружения;
3 - диафрагма; 4 - шпора.

Рисунок 11 - Схемы сопряжения тела земляной плотины со стенками сооружений из других материалов (по Гришину, 1979)

Диафрагмы и шпоры соединяются с боковой стенкой сооружения при помощи шва с уплотнением.

Для обеспечения плотного примыкания грунта тела земляной плотины к боковым стенкам сооружения внутренним поверхностям последних необходимо придавать небольшой наклон.

2.3 Дренажи грунтовых насыпных плотин

В грунтовых насыпных плотинах могут быть два типа дренажа:

- 1) дренаж низового клина плотины;
- 2) дренаж основания плотины.

Дренирование тела и основания плотины предусматривают для [21]:

- приема и организованного отвода в нижний бьеф фильтрующейся воды, чтобы исключить фильтрационные деформации грунтов тела и основания плотины;
- уменьшения зоны действия фильтрационного потока, что позволяет повысить устойчивость низового откоса;
- недопущения выхода фильтрационного потока на низовой откос путем заглубления депрессионной кривой ниже зоны промерзания;
- ускорения консолидации глинистых и илистых грунтов и уменьшения порового давления в отдельных зонах плотины или основания.

Дренаж рекомендуется устраивать во всех типах плотин, высотой более 6-8 м. Земляные плотины высотой до 5 м допускается строить без дренажей, если устойчивость откоса не вызывает сомнения. При надлежащем обосновании допускается не устраивать дренаж в следующих случаях:

- в плотинах на водопроницаемом основании при низком стоянии уровня грунтовых вод, когда депрессионная поверхность и без устройства дренажа оказывается достаточно удаленной от поверхности низового откоса и не попадает в зону промерзания;
- в плотинах, низовая часть которых выполнена из каменной наброски или другого крупнообломочного материала (гравийного и т. п.).

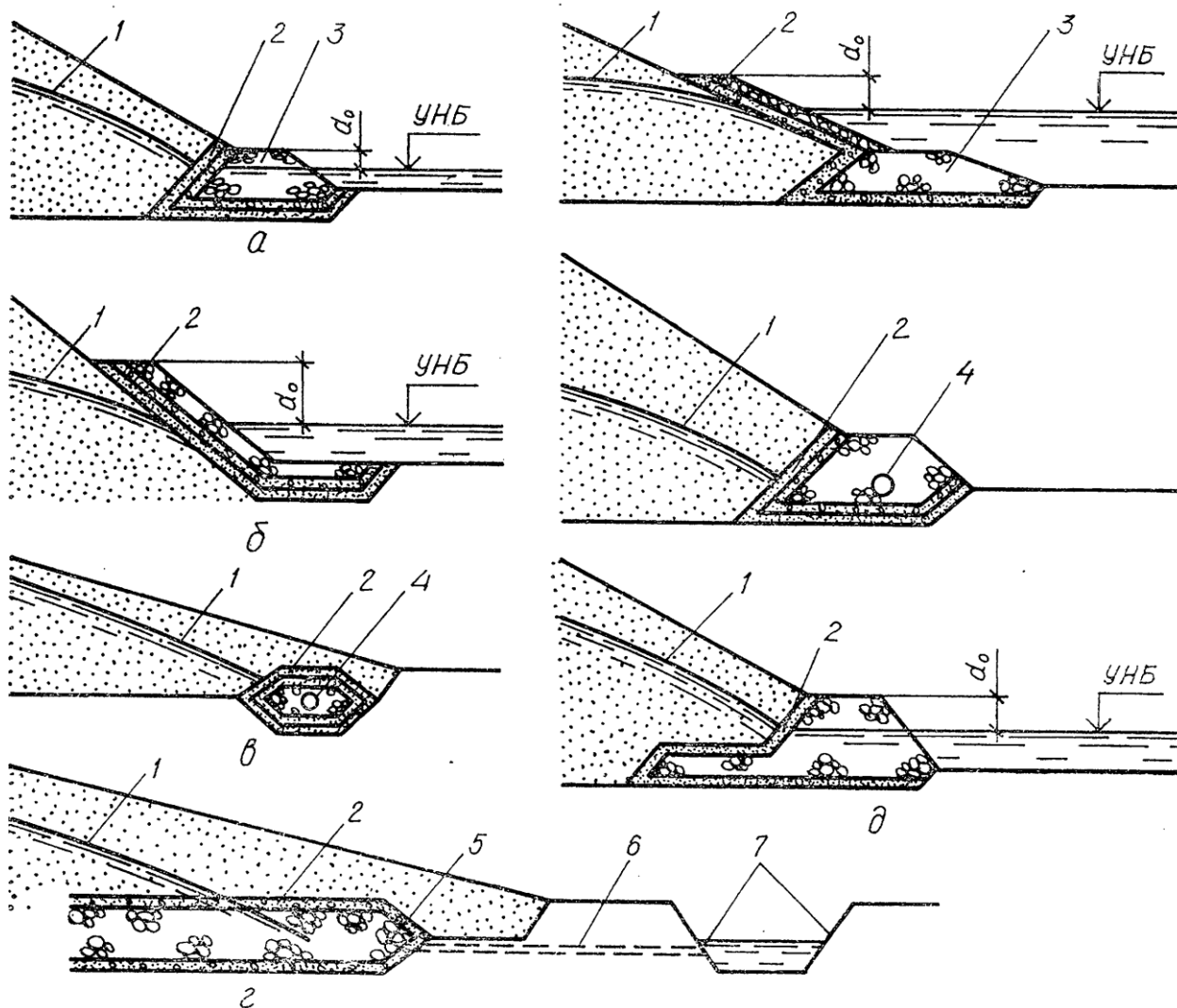
Дренаж состоит из двух основных частей:

- 1) приемной - в виде обратных фильтров из пористого песка, щебня или гравия, а также из пористого бетона или волокнистых синтетических материалов;

2) отводящей (коллектора) - выполняется из перфорированных труб или в виде лент из крупного щебня и камня и используется для отвода воды в нижний бьеф.

Задача обратных фильтров - предотвращение фильтрационных деформаций грунта в зоне выхода фильтрационного потока в дренаж.

Дренаж низового клина плотины. По конструкции и расположению в теле плотины различают следующие *типы дренажа* (рисунок 12): наружные (наклонный), внутренние (дренажный банкет, трубчатый, горизонтальный) и комбинированные.



а - дренажный банкет; б - наклонный дренаж; в - трубчатый; г - горизонтальный;
 д - комбинированный; 1 - кривая депрессии; 2 - обратный фильтр; 3 - банкет;
 4 - труба; 5 - дренажная лента; 6 - отводящая труба; 7 - отводящая канава.

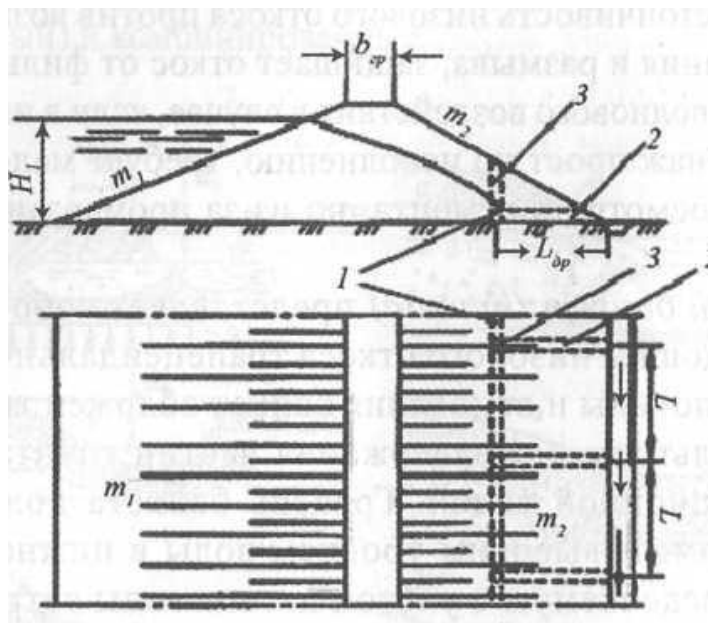
Рисунок 12 - Основные типы дренажа низового клина плотины (по Чугаеву, 1967)

Наслонный дренаж применяют при невысоких плотинах и устраивают в виде трехслойного обратного фильтра, состоящего из песка, гравия и щебня и прикрытого одиночной мостовой. Он предотвращает вынос частиц грунта из сооружения и его основания фильтрационным потоком. Наслонный дренаж не оказывает влияния на понижение кривой депрессии, но, являясь пригрузкой, увеличивает устойчивость низового откоса против возможной суффозии, оплывания и размыва, защищает откос от фильтрационных деформаций и волнового воздействия в случае, если в нижнем бьефе есть вода. Дренаж прост по исполнению, требует мало материала, доступен для осмотра и ремонта, но зимой из-за промерзания не действует.

Дренажный банкет (призма) представляет собой каменную отсыпку у подошвы низового откоса трапецидального сечения. Со стороны плотины и основания банкет обложен трехслойным обратным фильтром для задержания частиц грунта. Гребень банкета должен возвышаться над самым высоким уровнем воды в нижнем бьефе на величину, определяемую с учетом нагона воды ветром и наката волн, но не менее 0,5 м. Ширину дренажного банкета по верху назначают по условиям производства работ, но не менее 1,0 м. Заложение внутреннего откоса банкета следует принимать равным углу естественного откоса материала, образующего обратный фильтр [3].

Дренажный банкет распространенный тип дренажа. Недостаток дренажной призмы состоит в том, что ее поперечное сечение во много раз превышает размеры, необходимые для приема и отвода профильтровавшейся воды, в результате чего требуется очень большой объем камня и материалов для обратного фильтра. Устройство призмы трудоемко и требует применения ручного труда. Ориентировочно считают, что высота дренажной призмы составляет 0,15-0,20 высоты плотины.

Трубчатый дренаж выполняют из труб (гончарных, перфорированных бетонных или асбестоцементных), уложенных с уклоном параллельно подошве откоса и обсыпанных обратным фильтром. Трубчатый дренаж располагают примерно на расстоянии 1/4 ширины плотины по основанию от подошвы низового откоса (рисунок 13).



1 - продольные дрены; 2 - поперечные дрены; 3 - смотровые колодцы.

Рисунок 13 - Внутренний трубчатый дренаж (по Мамонтовой, 2012)

Фильтрационный поток в продольные дрены поступает через отверстия или прорезы (щели) в трубе, а при коротких звеньях труб - через торцовые зазоры. Выход воды из продольных дрен происходит через поперечные дрены-выпуски, располагаемые примерно через 20-50 м.

При большой длине плотины и напоре, превосходящем 10 м, на дренажной линии устраивают линейные смотровые колодцы (по типу водопроводно-канализационных с внутренним диаметром 100 см), в этом случае поперечные дрены-выпуски приурочивают к ним. При прямолинейном расположении трубчатого дренажа смотровые колодцы располагают на расстоянии 50-100 м друг от друга. Смотровые колодцы ставят также в местах изменения диаметра или уклона продольных дрен. Иногда колодцы выполняют и роль перепадов.

Плоский горизонтальный дренаж состоит из нескольких слоев песчано-гравийных материалов, подобранных по типу обратного фильтра. Плоский дренаж способен дренировать основание, что очень важно для глинистых грунтов, когда в них появляется поровое давление. Применять его целесообразно, когда в нижнем бьефе нет воды, так как продолжительное стояние воды в нижнем бьефе приводит к выключению дренажа из работы.

Горизонтальные продольные дренажные ленты применяют, если необходимо значительно заглубить депрессионную кривую или ускорить

консолидацию малопроницаемых грунтов основания под действием нагрузки от веса плотины, а иногда, при наличии воды в нижнем бьефе, и в комбинации с дренажными призмами - комбинированный дренаж. Ленточный дренаж представляет собой разновидность плоского горизонтального дренажа. Для отвода воды из ленточного дренажа через 50 м перпендикулярно к ленте устраивают отводы, выходящие к подошве низового откоса.

Горизонтальные продольные дренажные устройства заглубляют в тело плотины из глинистых грунтов не более чем на 30-50 % ее ширины по основанию, из песчаных - на 25-30 %. Отводящие устройства внутренних дренажей, выполняемые в виде труб или лент, должны иметь уклон в сторону нижнего бьефа в пределах 0,04-0,05.

В последнее время получили распространение конструкции ярусных дренажей в виде горизонтальных, наклонных или вертикальных лент, заглубленных в тело плотины. Такие дренажи выполняют для:

- обеспечения устойчивости верхового откоса плотины из маловодопроницаемых грунтов при быстрой сработке водохранилища;
- уменьшения порового давления и ускорения процесса консолидации в глинистых грунтах.

К *комбинированным дренажам* относятся наклонный дренаж с дренажной призмой, наклонный дренаж с трубчатым и т.д.

Обратный фильтр устраивают между дренажной призмой и телом плотины или ее основанием для защиты грунта от вымывания и разрушения. Он состоит из песка, щебня, гравия или гальки с увеличивающейся в направлении фильтрации крупностью частиц каждого слоя. Состав материалов для обратного фильтра подбирают так, чтобы через них свободно протекала вода, но чтобы частицы защищаемого грунта не проходили в поры первого слоя, а частицы первого слоя не проходили в поры второго слоя и т. д. Материал для обратных фильтров должен быть морозостойким, не размокающим, не растворяющимся под действием воды и не содержащим глинистых или илистых частиц. Толщину слоя обратного фильтра принимают равной не менее 0,2 м.

Одна из задач дренажа - понижение кривой депрессии с тем, чтобы она во всех точках находилась от плоскости низового откоса на расстоянии, удовлетворяющем определенным условиям. Работа дренажа в зимний период определяется его заглублением. Для районов, где условия зимнего периода не

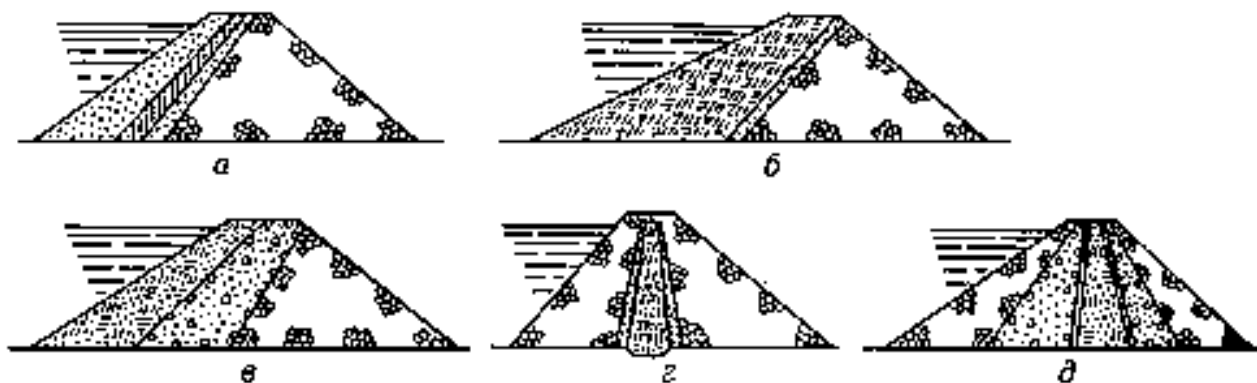
являются решающими, положение дренажа задают исходя из конструкции дренажа и строительных условий, принимая во внимание удобства эксплуатации. Положение дренажа можно определить расчетом или найти методом приближения. Удаление дренажа в сторону верхового откоса приводит к повышению градиентов при входе в дренаж, увеличению фильтрационных расходов и затруднениям при ремонте дренажа, особенно приемной его части, в случае заиливания.

Дренаж основания грунтовых насыпных плотин. При возведении грунтовой плотины на глинистом основании, насыщенном водой, масса строящейся плотины будет сжимать основание и выжимать из него воду. Скорейший отвод этой воды необходим с точки зрения увеличения устойчивости откосов плотины. В этом случае иногда все основание низового клина плотины (или часть его) покрывают сетью горизонтальных дрен или сплошным дренажным слоем. Дополнительно в основании устраивают вертикальные песчаные дрены в виде буровых скважин, заполненных песком [21].

Если основание плотины покрыто сверху сравнительно тонким слоем глины, подстилаемой песком, то в глинистом слое возникает давление фильтрационного потока. Это может привести к фильтрационному выпору глинистого слоя в нижнем бьефе. В этом случае для снятия противодействия в нижнем бьефе устраивают вертикальные дренажные колодцы на глубину глинистого слоя. По этим колодцам будет происходить выход фильтрационных вод из песчаного слоя в нижний бьеф, что приведет к снятию противодействия.

2.4 Каменно-земляные, каменно-набросные, бетонные и железобетонные плотины

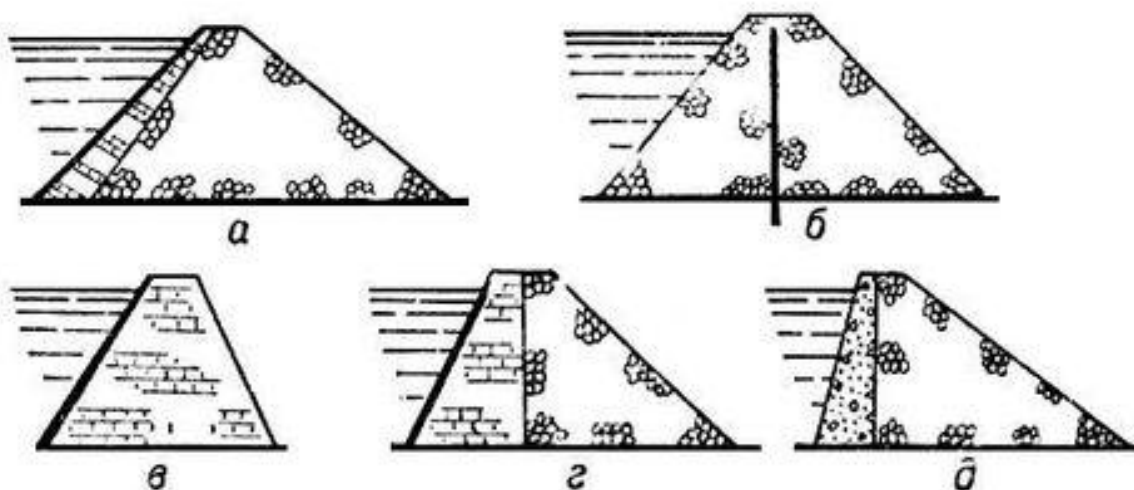
Каменно-земляные плотины (рисунок 14). Тело плотин выполняют из камня, а противофильтрационные устройства - из грунта (глина, глинобетон и суглинок). Плотины строят с экраном, ядром и грунтовой призмой на скальных и нескальных основаниях при наличии камня и грунтов, пригодных для противофильтрационных устройств. Для защиты грунтовых экранов от повреждений их прикрывают сверху слоем гальки, гравия и камня. Коэффициент заложения откосов каменно-земляных плотин принимают не менее 2,0 [21].



а - с экраном; б - отсыпью из малопроницаемого грунта на призме каменной наброски; в - на слое более проницаемого материала; г - в виде центрального ядра из глины, суглинка или глинобетона; д - с обсыпкой более проницаемыми материалами.

Рисунок 14 - Виды каменно-земляных плотин с водонепроницаемой частью
(по Моисееву, 1970)

Каменно-набросные плотины. Тело плотины выполняют из каменной наброски (рисунок 15), а противофильтрационные устройства - в виде экранов и диафрагм из негрунтовых материалов. Плотины целесообразно строить на скальных основаниях при наличии на месте достаточного количества камня определенного качества и при отсутствии грунтов, пригодных для возведения противофильтрационных устройств. Камень для плотин должен быть прочным, морозостойким и водостойким. Экраны в каменно-набросных плотинах принимают давление воды и передают его наброске, поэтому они должны быть достаточно прочными и гибкими. Экраны выполняют из бетона, железобетона, металла, асфальтобетона, дерева и полимерных пленок. Коэффициент заложения откосов каменно-набросных плотин должен быть не менее 1,1. Камень в тело плотины укладывают слоями до 2,5 м с уплотнением катками. Наиболее крупные камни следует отсыпать у откосов плотин [2].



а, б - каменно-набросные; в - из каменной сухой кладки; г - полунабросная (с напорной частью из сухой кладки и низовой - из каменной наброски); д - набросная (с бетонной напорной стенкой).

Рисунок 15 - Типы каменных плотин (по Айрапетяну, 1968)

Бетонные и железобетонные плотины по конструктивным особенностям делят на *гравитационные, арочные, контрфорсные* и *ячеистые*, по способу пропуска воды - на *глухие* (при отсутствии сброса воды) и *водосбросные* (при сбросе воды). Если сбросные отверстия расположены на гребне плотины, то их называют *поверхностными* или *водосливными*, а плотину *водосливной*, если ниже уровня воды, то их называют *глубинными* или *водоспускными*. В некоторых случаях в плотинах могут быть и *водосбросные*, и *водосливные* отверстия. *Водоспускные* отверстия обязательно перекрывают затворами, *водосливные* отверстия обычно также снабжают затворами, однако они могут быть и без затворов [4].

Тип плотины выбирают на основе технико-экономического сравнения вариантов в зависимости от топографических, гидрологических, геологических и климатических условий, величины напора и расчетного максимального расхода воды.

Плотины возводят как на скальных, так и на нескальных грунтах. *На скальных основаниях* рекомендуется строить для водосбросных участков напорного фронта преимущественно бетонные и железобетонные плотины облегченных конструкций, но с учетом местных и производственных условий. В узких и высоких скальных ущельях строят арочные или арочно-

гравитационные плотины. Плотины на скальном основании при прочном сопряжении с ним могут воспринимать большие давления при малой площади основания и малом объеме всей плотины.

На нескальных основаниях бетонные и железобетонные плотины допускается строить только в качестве водосбросных. Глухие бетонные или железобетонные плотины на нескальных основаниях допускается строить только при специальном обосновании. Плотины должны иметь большую площадь основания и большой объем тела плотины.

Бетонные и железобетонные плотины проектируют и строят согласно СНиП («Бетонные и железобетонные гравитационные плотины на нескальных основаниях. Нормы проектирования») и СН («Нормы и технические условия проектирования бетонных гравитационных плотин на скальных основаниях»). Бетонные и железобетонные плотины возводятся на реках при создании крупных водохранилищ и имеют значительные размеры, например высота арочных плотин Саянской (на р. Енисей) и Ингурской (на р. Ингури) составляет соответственно 242 и 273 м [20].

3 Дамбы

Дамбы - сооружения, поддерживающие напор воды. Дамбы в рыбоводных хозяйствах предназначены для искусственного создания рыбоводных прудов различных категорий. Дамбы бывают контурные, разделительные и водооградительные [3].

Контурные дамбы отгораживают пруды от остальной части поймы, имеют напор с одной стороны (со стороны пруда) и являются водонапорными.

Разделительные дамбы устраивают между двумя смежными прудами, они имеют напор с обеих сторон.

Водооградительные дамбы используют для защиты территории от затопления. Проектирование дамб прудов проводят в соответствии со СНиП.

Дамбы применяются при напоре воды от 1 до 4 м. По конструкции дамба - это насыпь трапецеидального сечения. При напоре воды до 3 м коэффициент заложения откосов дамб принимают по типовому проекту Гидрорыбпроекта. Ширина по гребню для проезжих дамб составляет не менее 5,5 м, для непроезжих - 3,0 м.

Дамбы устраивают из грунтов (глинистых и песчаных) без примесей неразложившихся включений. Основанием дамб могут быть любые минеральные грунты и торф (степень разложения не менее 50 %). При подготовке основания под дамбы грунт вспахивают, а при наличии неразложившихся включений растительный слой частично снимают. Контурные дамбы отсыпают непосредственно на основание, с которого на ширине дамбы (3-3,5 Н) снимают растительный слой. Разделительные дамбы отсыпают на вспаханное основание.

В соответствии с типовым проектом Гидрорыбпроекта принято три типа контурных и разделительных дамб (в основном для нагульных прудов): нормального, уширенного и распластанного профиля.

Дамбы нормального профиля имеют наиболее крутые откосы. Верховой откос укрепляют камнем или железобетоном, а низовой - засевают травами.

При *уширенном профиле* дамб верховые откосы несколько уположены и укреплены посадками растительности. Необходимо в первые годы эксплуатации сооружать временные волногасящие стенки.

При *распластанном профиле* дамб верховые откосы очень пологие, без укрепления, что требует подсыпки грунта деформированных откосов. Неукрепленные откосы деформируются уже через 2-3 года.

Дамбы намывные сооружаются также как и намывные плотины. Выбор типа дамб, грунтов, противофильтрационных устройств и креплений аналогично плотинам.

4 Водопропускные сооружения

Водопропускными гидротехническими сооружениями называют сооружения любого назначения, пропускающие через себя воду (рисунок 16). Такие сооружения делят по своему назначению, местоположению в плане, по высоте и имеют конструктивные особенности. В состав гидроузла может входить одно или несколько водопропускных сооружений, которые классифицируют по ряду признаков.



Рисунок 16 - Водопропускное сооружение

По назначению водопропускные сооружения разделяются на водосбросы и водоспуски. Первые предназначены для пропуска излишних паводковых вод, вторые - для выпуска воды из водохранилища с целью полного или частичного его опорожнения или для полезных хозяйственных пропусков из водохранилища. Некоторые типы водопропускных сооружений могут быть одновременно и водосбросными и водоспускными [13, 20].

По расположению в гидроузле водопропускные сооружения разделяют на береговые, расположенные на берегу вне тела плотины, и располагаемые в теле плотины (русловые и пойменные).

По расположению входного отверстия различают поверхностные,

глубинные и донные водопропускные сооружения.

По конструктивным особенностям поперечного сечения водопропускные сооружения подразделяются на открытые, закрытые и комбинированные.

По наличию затворов различают водопропускные сооружения регулируемые (с затворами) и нерегулируемые (автоматические).

По гидравлическому режиму работы водопропускные сооружения могут быть напорными, безнапорными и напорно-безнапорными (полунапорными).

По водохозяйственному назначению водопропускные сооружения делят на водосбросы, водоспуски, водозаборы, сооружения комплексного назначения (водосбросы-водоспуски, водосбросы-водозаборы и т.п.), водосливные плотины, водовыпуски [15].

Количество и размеры отверстий водосбросных сооружений устанавливаются, исходя из условия пропуска расчетного максимального расхода воды при полном открытии всех водосбросных и водоспускных отверстий, пропуске воды через все турбины гидроэлектростанции и другие специальные гидротехнические сооружения (водозаборы оросительных систем, судоходные шлюзы и пр.).

В водопропускных сооружениях необходимо предусматривать основные и ремонтные затворы, а для глубинных отверстий - аварийно-ремонтные.

5 Водосбросные сооружения

Водосбросные сооружения – сооружения осуществляющие пропуск вод и других излишков воды (рисунок 17).

Водосбросные сооружения входят в состав гидроузлов головных, нагульных (русловых) прудов и гидротехнических узлов комплексного назначения. После наполнения водохранилища до отметки НПУ излишек воды сбрасывается в нижний бьеф плотины или в гидрографическую сеть. Сброс воды осуществляется при форсированном уровне воды в водохранилище, но в некоторых случаях - при НПУ [6, 13, 20].



Рисунок 17 - Водосбросное сооружение

Задача водосбросов при плотинах из местных материалов - обеспечить беспрепятственный пропуск расчетных максимальных расходов воды из верхнего бьефа в нижний.

Водосбросной тракт - это путь, по которому происходит сброс излишков воды из водохранилища в нижний бьеф плотины [3].

Главное условие расположения сооружений на водосбросном тракте - не допускать подмыва водой плотины и других сооружений гидроузла.

В зависимости от высотного расположения сооружений на водосбросном

тракте и их водных устройств относительно НПУ различают водосбросы поверхностные и глубинные.

Поверхностные водосбросы – водосбросы уровень воды во входной части, которых соприкасается с атмосферой, а отводящая часть может быть как открытой, так и заглубленной в грунт.

Глубинные водосбросы – водосбросы входная часть, которых, расположена под уровнем воды, а отводящая - в толще грунта.

Водосбросы подразделяются на *управляемые* (расходы и уровни воды регулируются затворами) и *неуправляемые* или автоматические (сброс воды происходит всякий раз, как только уровень воды в водохранилище поднимается выше НПУ).

Каждой группе водосбросных сооружений дают название в зависимости от конструкции головной (водосливной) части сооружения. Водосбросы автоматического действия подразделяют на ковшовые (головная часть выполнена в виде ковша), шахтные (головная часть - шахта) и траншейные (сливная часть выполнена в виде траншеи).

В управляемых водосбросах головными сооружениями чаще всего являются шлюзы-регуляторы и иногда - водосливные плотины, водосливные отверстия которых перекрываются затворами.

Лучше всего совмещать водосбросы с водовыпускными сооружениями, а также с сооружениями для пропуска строительных расходов – это дает экономию в затратах и облегчает их эксплуатацию

Тип водосбросного сооружения и расположение его в головном гидротехническом узле зависит от величины пропускаемого расхода, от топографических, геологических, гидрологических условий, а также условий эксплуатации, наличия местных строительных материалов, производства работ и т. д.

В водосбросном сооружении выделяют четыре *основные составные части*: подводящую, водоприемную (водосливную), сопрягающую и устройство нижнего бьефа [20].

Подводящая часть обеспечивает плавный подход воды к сливной (головной) части водосброса и создает благоприятные условия для нормальной эксплуатации всего сооружения. Водоприемная часть осуществляет прием паводковых вод из водоема и отвод их в сопрягающую часть сооружения. Водоприемная (водосливная) часть является головной

частью водосброса. На управляемых водосбросах через головную часть прокладывают служебный и проезжий мост, на ней устанавливают затворы, другое механическое оборудование и т. д. Сопрягающая часть соединяет водослив с устройством нижнего бьефа и по которой скатывается вода.

Расходы воды водосбросов. Расходы воды, подлежащие пропуску через водосбросные сооружения при плотинах из местных материалов в процессе эксплуатации, определяются исходя из расчетного максимального расхода воды водотока (реки) в естественном незарегулированном состоянии с учетом трансформации стока, вызванной хозяйственной деятельностью в бассейне водотока (реки). Обеспеченность максимальных расходов принимают в зависимости от класса сооружений [16].

Расчет водосбросов для небольших водохранилищ при ограниченной водосборной площади ведут на расход от дождевых паводков. Для водохранилищ с большими водосборными площадями расчетные расходы ведут от половодья.

Особенности работы сооружений на водосбросном тракте. Сброс воды из водохранилища во время весеннего половодья длится несколько дней, а при дождевых паводках ливневого характера - несколько часов. Водосбросные тракты включаются в работу и обеспечивают пропуск любых расходов, не превышающих максимальные расчетные, в любое время года, когда запасы воды в водохранилище полезно не используются, а уровень воды превышает расчетный. Для водохранилищ на местном стоке возможны случаи, когда объем поверхностного стока будет недостаточным для наполнения водохранилища до расчетного уровня, и тогда водосброс работать не будет.

Водосбросные сооружения в рыбоводных хозяйствах бывают следующих типов: открытые и закрытые автоматические, регулируемые (управляемые) и комбинированные; сборные и монолитные. Автоматические и управляемые водосбросные сооружения различаются по месту расположения, величине пропускаемого паводкового расхода воды и напора над порогом водосброса.

У *автоматических водосбросов (водосливов)* порог сооружения располагают на отметке НПУ. При повышении уровня воды над этой отметкой - вода автоматически сбрасывается из верхнего в нижний бьеф. К водосбросам автоматического действия относятся водосбросные земляные

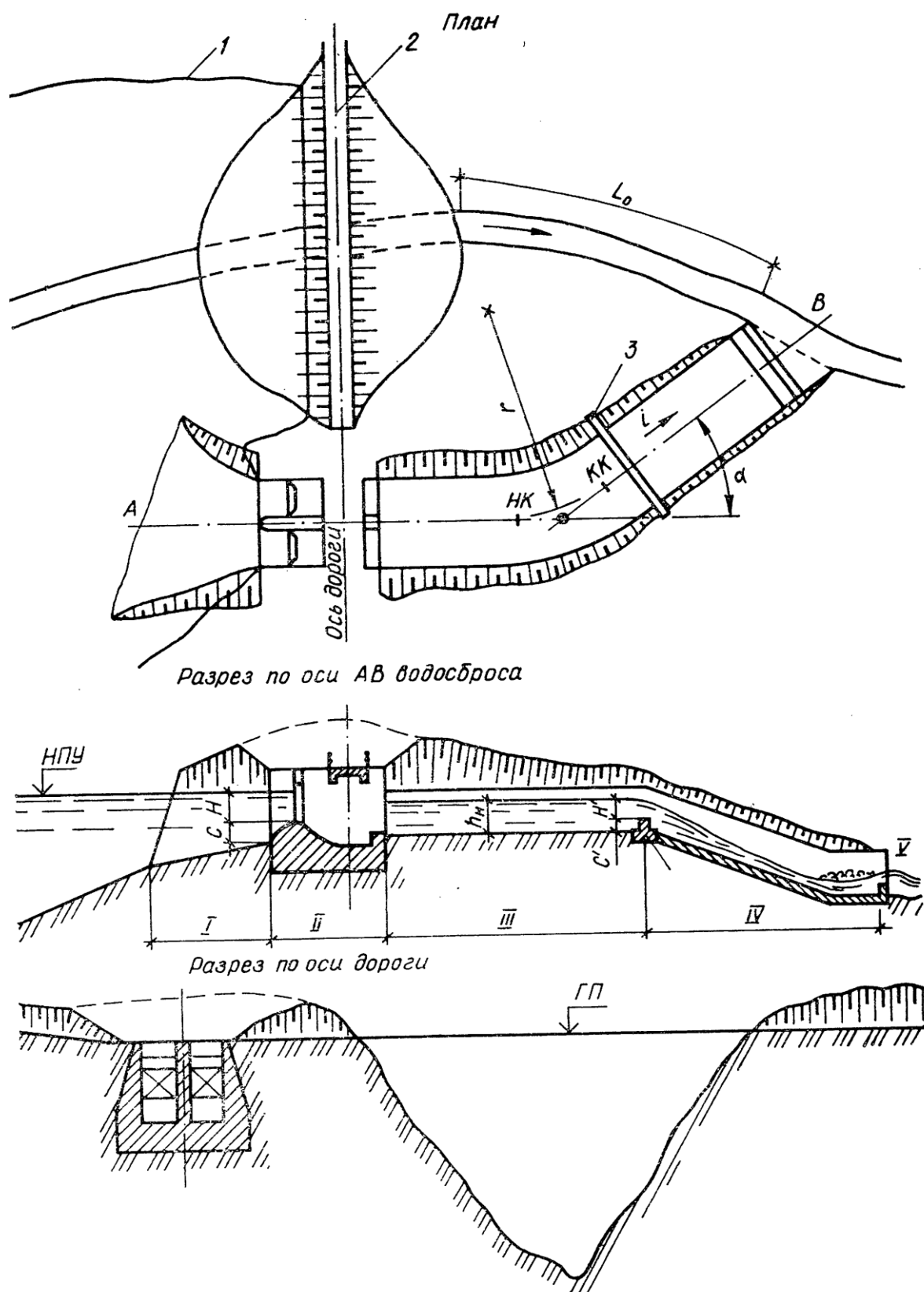
каналы (фронтальные водосливы), траншейные водосливы, открытые, шахтные (башенные) и трубчатые водосбросы.

У *управляемых водосбросов* порог сооружения располагают ниже отметки НПУ вплоть до дна водохранилища, и отверстие этого сооружения перекрывают затворами - обязательным элементом сооружений. При помощи затворов производится регулирование уровня воды в водохранилище. Паводковые водосбросы бывают открытые, закрытые и полужакрытые; по материалам, из которых они построены, - деревянные, каменные, бетонные и железобетонные; по конструкции затворов они могут быть шандорные, с плоскими, сегментными, секторными и другими затворами. При пропуске воды через паводковый водосброс затворы поднимают подъемными механизмами. Для прудовых рыбоводных хозяйств применяют открытые паводковые водосбросы с затворами. Напор на пороге водосброса должен составлять не более 2,5-5,0 м, паводковый расход - 30-100 м³/с.

5.1 Открытые регулируемые береговые поверхностные водосбросы

Открытые береговые поверхностные водосбросные тракты располагают на берегах и склонах долины в обход плеча плотины. В связи с этим они получили название *береговых водосбросов*. Вода из водосбросных трактов поступает в нижний бьеф гидроузла, в соседний водоток или в пониженные участки местности. Входные участки поверхностных водосбросов расположены на высоких отметках [19].

В состав водосбросных трактов в общем случае входят следующие сооружения: подводящий канал; регулирующее сооружение; сбросной (соединительный) канал; сопрягающее сооружение; отводящий канал; ледоудерживающие устройства. Однако не всегда присутствуют все сооружения вместе (рисунок 18). Нередко отсутствует один или оба канала. Если на водосбросном тракте трудно разместить сооружения в одном месте, допустимо их рассредоточить, например вместо одного сопрягающего сооружения выполнить два и больше.



1 - урез воды, 2 – дорога, 3 – порог, I - подводящий канал, II - водослив с устройством для гашения энергии, III - соединительный канал, IV - сопрягающее сооружение, V - отводящий канал.

Рисунок 18 - Схема открытого берегового водосброса (по Гриневскому, 1990)

Через сооружения водосбросного тракта обычно не предусматривается сброс льда из водохранилища в нижний бьеф плотины и для этого на водосбросной тракт в начале подводящего канала или перед шлюзом-регулятором ставят ледоудерживающие устройства, через которые свободно проходит вода, а лед и другие плавающие тела задерживаются.

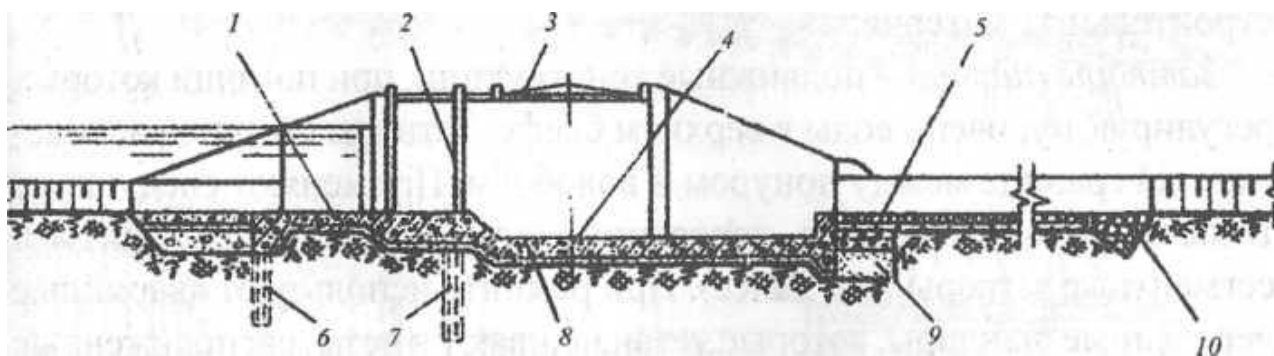
Существуют типовые технические решения (Белгипроводхоз, Укргипроводхоз, Гидрорыбпроект) открытых регулируемых водосбросов на расход воды от 50 до 700 м³/с с напором 4-12 м для прудов и малых водохранилищ.

Открытый паводковый водосброс строят из бетона и железобетона (рисунок 19), а в северных районах из дерева.



Рисунок 19 - Береговой водосброс Саяно-Шушенской ГЭС

Открытый паводковый водосброс (рисунок 20) состоит из флютбета, устоев, щитовой линии, по которой располагают затворы, проезжего и служебного мостов и льдозащитного устройства.



- 1 - понур; 2 - затвор; 3 - служебный мостик; 4 - водобой; 5 - рисберма;
 6 - понурный шпунт; 7 - королевый шпунт; 8 - бетон; 9 - обратный фильтр;
 10 - крепление каменной наброской.

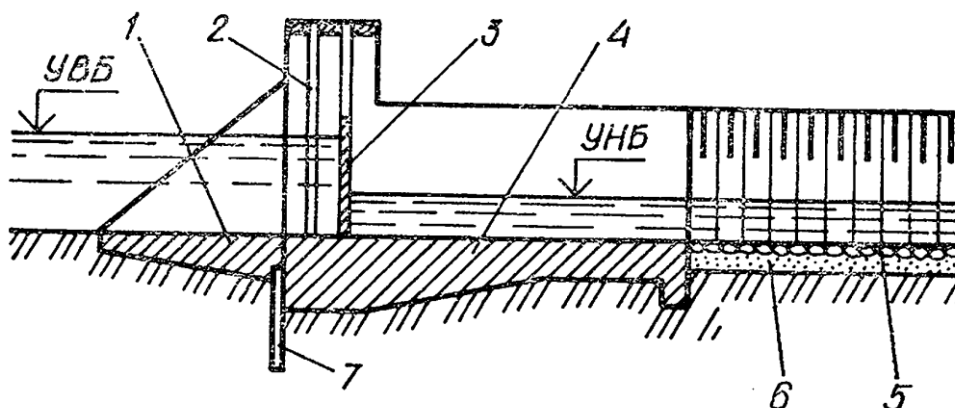
Рисунок 20 - Открытый бетонный паводковый водосброс с затворами
 (по Мамонтовой, 2012)

Флютбет (рисунок 21) - основание сооружения, по которому проходит поток воды из верхнего в нижний бьеф, он предохраняет водосброс от действия грунтовых вод.

Флютбет состоит из [3]:

- понура (водонепроницаемая часть, предохраняет от размыва участок перед затворами, а также препятствует фильтрации воды в грунт основания, расположена перед щитовой линией сооружения);
- водобоя (водонепроницаемая часть, воспринимает удары воды при пропуске ее через сооружение из верхнего в нижний бьеф, расположена за щитами сооружения);
- слива (часть флютбета, соединяет водобой и рисберму, может состоять из быстротока с определенным уклоном и водобойного колодца, расположена ниже водобоя);
- рисбермы (часть флютбета, предохраняет от размыва участок между выходом из сооружения и водосбросным каналом, создает более плавный переход от больших скоростей на сливе к допустимым скоростям в конце ее, расположена за сливом).

Для увеличения длины пути фильтрации и для защиты флютбета от разрушения при вымыве грунта забивают шпунты в начале понура (понурный шпунт) и в начале водобоя (королевый шпунт).



1 - понур; 2 - паз для балочного заграждения; 3 - затвор; 4 - водобой; 5 - рисберма; 6 - обратный фильтр; 7 - королевый шпунт.

Рисунок 21 – Флютбет (по Нестерову, 2006)

Устои - конструкция типа подпорной стенки, ограничивающая сооружение с боков и воспринимающая давление грунта со стороны насыпи плотины. Конструкция устоев зависит от напора над порогом сооружения, характера грунта основания, наличия строительных материалов.

Затворы (щиты) - подвижные конструкции, регулирующие уровень воды в верхнем бьефе. Затворы в основном располагают на границе между понуром и водобоем. Применяют следующие типы затворов: шандоры, деревянные или металлические щиты и сегментные затворы. При ремонте используют аварийные деревянные шандоры, которые устанавливают в пазы, расположенные в стенках устоев и в бычках [19].

Проезжий мост предназначен для проезда транспорта (автомобильного и гужевого). При одностороннем движении транспорта ширина проезжей части составляет 4,5 м, при двустороннем - 6-7 м.

Служебный мостик предназначен для работы обслуживающего персонала по управлению подъемными механизмами и приспособлениями, может быть и пешеходным мостом. Со служебного мостика управляют затворами. В бетонных и железобетонных водосбросах служебный мостик делают из железобетонной плиты. Ширина мостика обычно составляет 2 м.

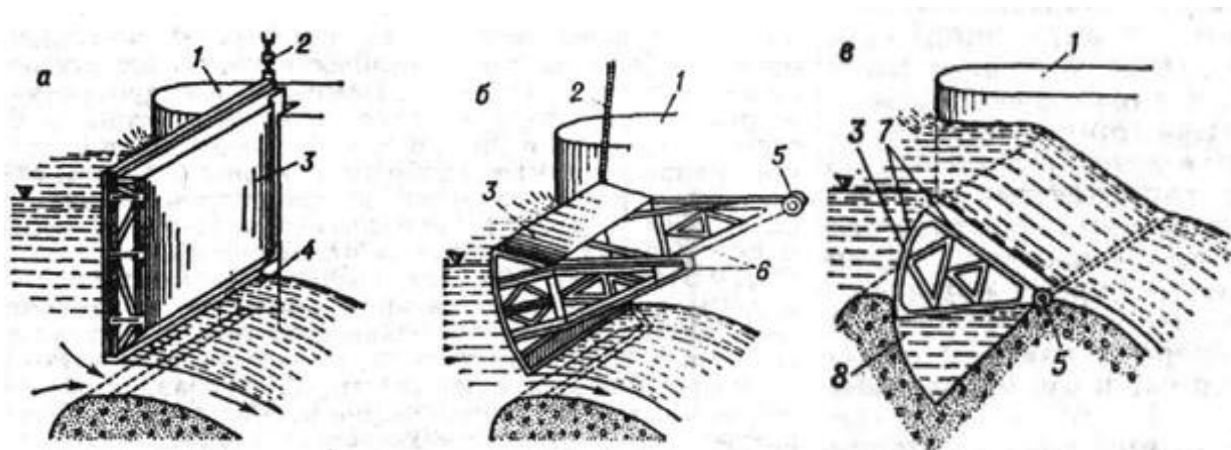
5.2 Затворы гидротехнических сооружений

Затворы - водонепроницаемые подвижные конструкции, регулирующие уровень воды верхнего бьефа, пропуск расходов воды в нижний бьеф, пропуск наносов и льда, располагаемые поперек водосбросного отверстия по границе понура с водобоем.

Затвор состоит из: подвижной части, закрывающей и открывающей отверстие, неподвижной части, заделанной в устои и быки сооружения (пазы), которые позволяют затворам перемещаться, и подъемного механизма, при помощи которого маневрируют затвором.

Затворы подразделяют [6, 8, 13]:

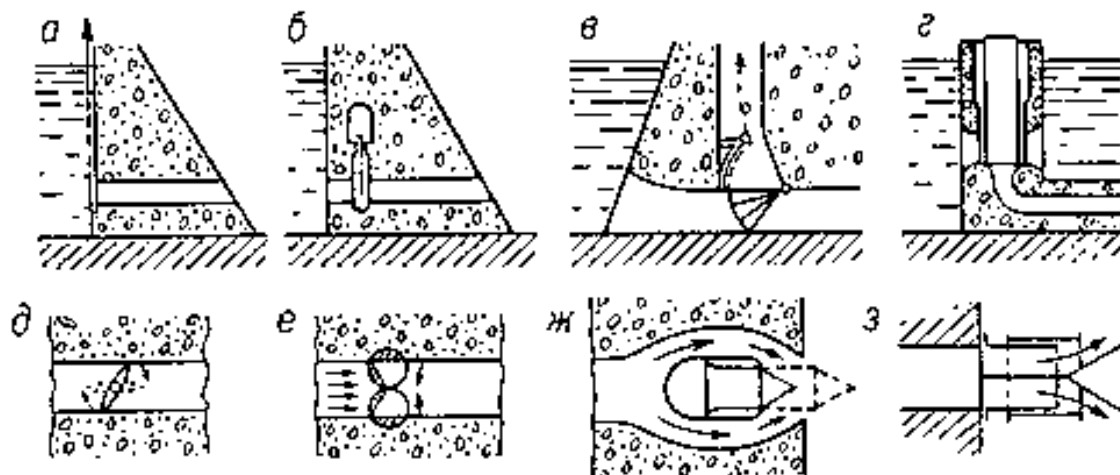
- по назначению: на основные (работают в течение всего периода эксплуатации сооружения); ремонтные (устанавливаемые в период ремонта сооружений); строительные (применяемые в период строительства); запасные затворы (для замены основных затворов);
- по конструкции (рисунок 22): на плоские, шандоры, секторные, сегментные, вальцовые, крышевидные, клапанные, игольчатые, дроссельные, задвижки и др.;
- по материалам: на металлические, железобетонные, деревянные, пластмассовые, комбинированные;
- по местоположению: на поверхностные, глубинные (рисунок 23);
- по способу пропуска воды через отверстие: на пропускающие из-под низа, пропускающие по верху.



а - плоский; б - сегментный; в - секторный; 1 - бык; 2 - тяга; 3 - затвор; 4 - паз; 5 - шарнирная опора; 6 - ноги затвора; 7 - обшивка; 8 - ниша затвора.

Рисунок 22 - Схемы поверхностных затворов (по Мамонтовой, 2012)

В рыбоводстве применяют обычно плоские затворы, шандоры и реже - сегментные затворы.



а - плоский; б - задвижка; в - сегментный; г - цилиндрический; д - дроссельный;
е - шаровой; ж - игольчатый; з - конусный.

Рисунок 23 - Схемы глубинных затворов (по Гришину, 1979)

Плоский затвор (щит) - плоское водонепроницаемое перекрытие отверстия водосбросного сооружения. Затвор располагают между устоями, быками или промежуточными стойками. Затвор перемещается в вертикальном направлении в пазах устоев или быков. Плоские затворы являются наиболее распространенной конструкцией затворов. Их выполняют из дерева, стали, реже - из железобетона.

Шандоры бывают деревянные, металлические и железобетонные. Деревянный шандорный затвор состоит из отдельных досок или брусьев (шандор) из соснового или елового леса в виде стенки, перекрывающей водосбросное отверстие. В стенках сооружения устраивают вертикальные пазы, куда и закладывают концы шандор. Шандоры играют роль основных затворов (в небольших сооружениях), и роль временных закрытий на период ремонта основных сооружений (в больших сооружениях). Длина пролетов, которые могут быть перекрыты шандорами, составляет 4-5 м при напоре не более 4-5 м. При открытии или закрытии отверстия шандоры закладывают и вынимают поочередно. Шандоры имеют приспособление для подъема и опускания - кольца, крючья, скобы или треугольные углубления.

Шандорами, в зависимости какая у них величина и масса, маневрируют

вручную - багром или при помощи механических приспособлений (воротом, лебедкой и кранами). Для прудов высота шандор равна 15-30 см, толщина 40-50 мм. Деревянные шандоры обязательно должны иметь зазоры между пазами, так как, находясь в воде, дерево разбухает. При длине шандор 1 м зазоры между пазами и шандорами должны составлять 1,5-2 см. Для сокращения потерь воды устраивают уплотнения (в виде обивки листовой резиной, полимерами и др.) - впереди затвора в воду насыпают торф, мелкий шлак, навоз.

При напорах до 12 м и пролетах до 18 м делают *металлические шандоры* (рисунок 24).

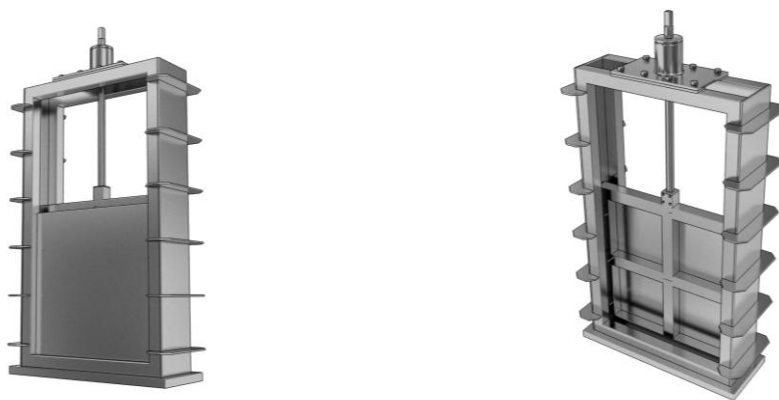


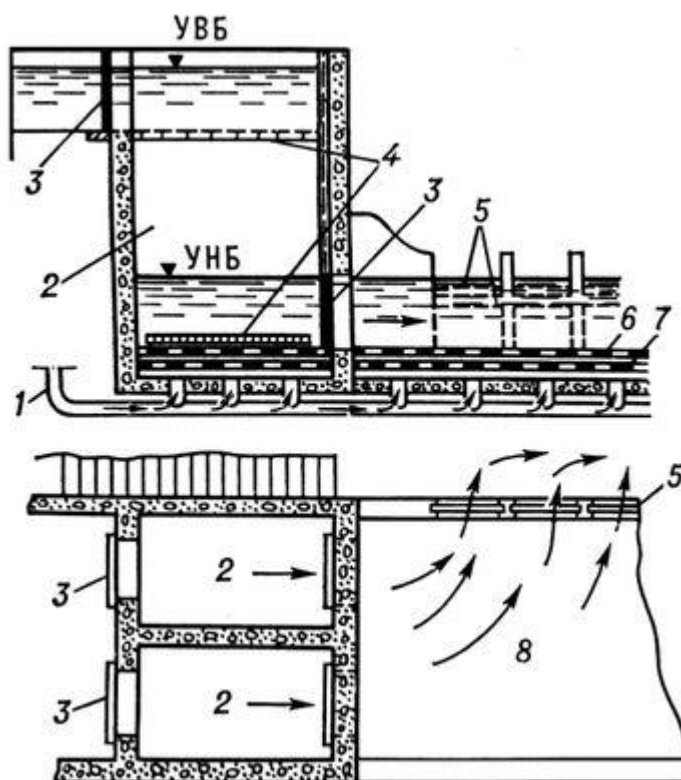
Рисунок 24 - Металлические шандоры

Железобетонные шандоры из-за большой массы применяют очень редко. Для уменьшения массы их делают пустотелыми и изготавливают на месте постройки. Шандоры могут быть и из железобетона при напорах до 6 м и пролетах до 15 м.

Шандоры применяют в основном для временных сооружений и как вспомогательные при ремонте или осмотре основного затвора (рисунок 25).

Сегментный затвор изготавливается в виде изогнутого щита, имеющего криволинейную обшивку (рисунок 26). Щит крепится на опорных фермах - ногах и вращается вокруг оси, проходящей через концы опорных ферм. Основными элементами сегментного затвора являются: балочная (несущая) система, обшивка, опорные фермы (ноги) и шарниры. Сегментный затвор может быть автоматическим (перемещаться под действием воды), для этого на продолжении опорных ног за шарниром располагается противовес, уменьшающий подъемное усилие, которое создается давлением воды на

особые клапаны и поплавки.



1 - питающий трубопровод; 2 - камера; 3 - затвор; 4 - подвижной пол; 5 - шандоры; 6 - деревянный решётчатый пол; 7 - железобетонный решётчатый пол; 8 - подходной канал (коллектор); УВБ - уровень верхнего бьефа; УНБ - уровень нижнего бьефа.

Рисунок 25 - Рыбоходный шлюз (по Замарину, 1965)

Для нормальной работы затворов необходимо, чтобы они были водонепроницаемыми, в местах соприкосновения с сооружениями не должно быть фильтрации воды, для чего применяют различные уплотняющие прокладки. Подъем сегментного затвора осуществляют с двух концов (чтобы исключить перекос затвора).

Сегментные затворы применяют на головных и русловых прудах при максимальных пролетах до 40 м и напоре до 15 м. Они просты и надежны в эксплуатации. В период ремонта используют ремонтные затворы.



Рисунок 26 - Сегментный затвор

Секторные затворы (рисунок 22) имеют поперечное сечение в виде сектора с обшивкой и закрепляются на пороге плотины на горизонтальной оси, вращаясь вокруг которой они могут частично или полностью опускаться в специальную нишу. Ось вращения находится с низовой или верховой стороны. Маневрирование затвором производят в основном под действием гидравлического напора. Максимальные пролеты секторных затворов достигают 60 м [21].

Клапанные затворы состоят из полотнища, вращающегося вокруг горизонтальной оси, укрепленной на флютбете. Клапанные затворы бывают автоматические, с механическим приводом (перекрывают пролеты до 80 м) и уравновешенные (перекрывают пролеты до 25 м).

5.3 Открытые нерегулируемые (автоматические) береговые водосбросы

Водосбросы с фиксирующим порогом. Автоматичность работы водосброса обеспечивается *фиксирующим порогом*, расположенным в подводящем канале на отметке НПУ. Конструктивно он выполняется как водослив с подтопленным или неподтопленным истечением. В последнем случае длина порога будет меньше, и дно канала за порогом располагается на

более низких отметках.

Автоматические водосбросы имеют некоторые преимущества перед управляемыми: при эксплуатации они не требуют наблюдения за изменениями уровня воды в верхнем бьефе и регулирования величины сбрасываемого расхода. Пропуск паводка сопровождается повышением уровня верхнего бьефа обычно в пределах величины форсировки, равной 0,60-1,20 м.

Однако автоматические водосбросы имеют и недостатки - это временное дополнительное затопление прибрежной полосы водохранилища, а также некоторое увеличение высоты грунтовой плотины.

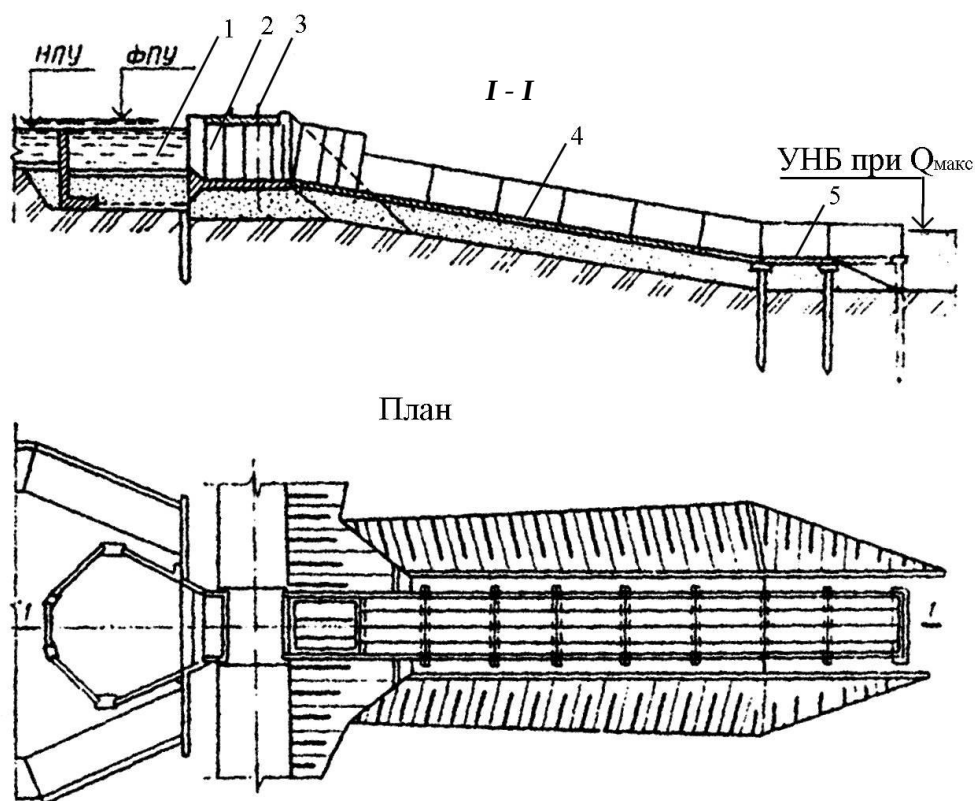
Конструктивные решения водосбросов в основном различаются по конструкции водоприемной части или входного оголовка. Выделяют сооружения с боковым и фронтальным забором воды, с криволинейными, полигональными, ковшовыми и траншейными входными оголовками. Наиболее эффективно применение таких водосбросов в водохранилищах малой ширины [13, 19].

Ковшовые (полигональные) водосбросы. Ковшовые водосливные оголовки, у которых водосливной фронт выполнен в виде ломаной или криволинейной линий, иногда называют соответственно *полигональными* или *криволинейными* водосливами (рисунок 27). Их используют для уменьшения высоты слоя форсировки в верхнем бьефе. Применение данных водосбросов экономически оправдано в широких водохранилищах с мелководной поймой.

При трассировании водосброса по слабому основанию или через тело плотины используют вариант сооружения на свайных опорах (рисунок 28), разработанный Ленгипроводхозом [15, 16].

В состав *траншейного водосброса* (рисунок 29) входят: боковой водослив (с широким порогом, практического профиля) с отметкой порога на НПУ; сборная траншея, к бровке которой примыкает водослив; сопрягающее сооружение; сбросной канал; отводящий канал.

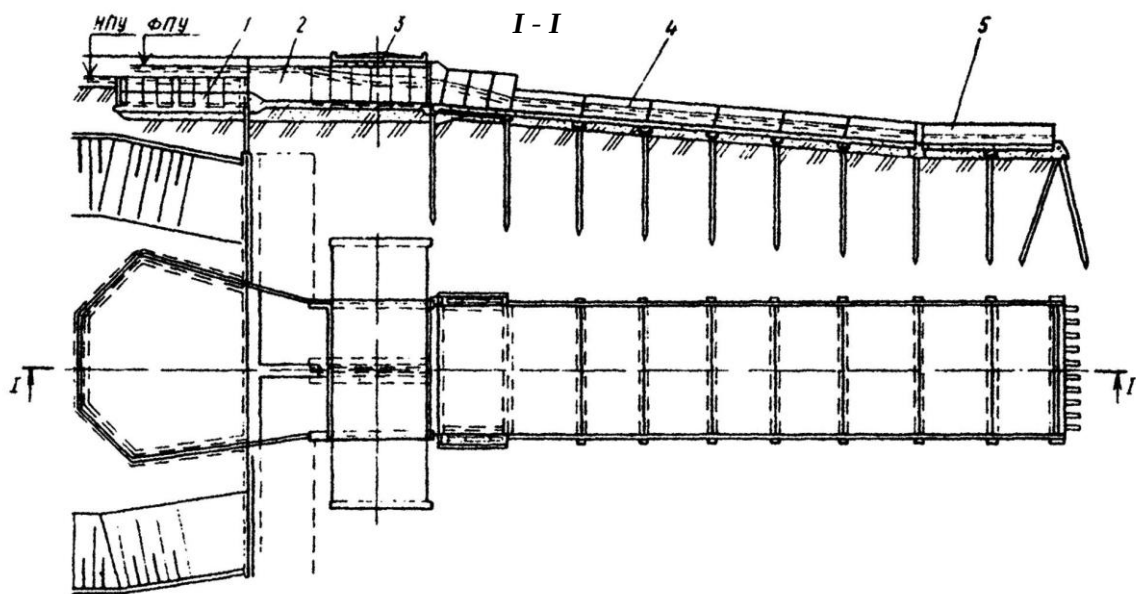
Траншею располагают в верхнем бьефе гидроузла, вдоль уреза воды нормально (или близко к этому) к продольной оси плотины на расстоянии 20-40 м от плотины.



- 1 - водоприемный ковш; 2 - переходный участок; 3 - переезд;
4 - быстроточная часть сооружения; 5 - концевая часть.

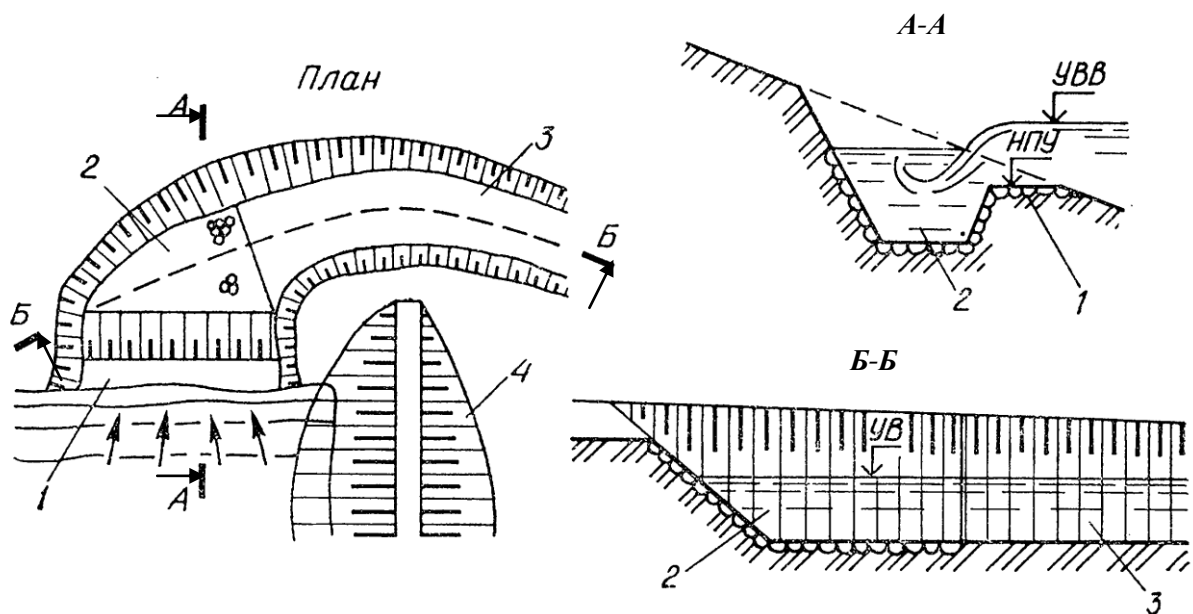
Рисунок 27 - Открытый береговой водосброс с полигональным водосливным оголовком конструкции Белгипроводхоза (по Мамонтовой, 2012)

В плотинах с незначительной разностью уровней воды в бьефах дно траншеи располагается на отметке русла водотока, и сопрягающее сооружение исключается. При коротких водосбросных трактах сопрягающее сооружение примыкает к концу траншеи, и тогда отсутствует сбросной канал. Траншейные водосбросы выгодно применять при небольших напорах на водосливе, крутых склонах долины и при пропуске значительных паводковых расходов (более $100 \text{ м}^3/\text{с}$). Экономически выгодно их использовать в скальных породах, в нескальных грунтах возможно, но при этом стоимость сооружений возрастает из-за крепления водослива и траншеи (так как в ней приходится устраивать подпорные стенки).



1 - водоприемный ковш; 2 - переходный участок; 3 - переезд;
4 - быстроточная часть сооружения; 5 - концевая часть.

Рисунок 28 - Открытый автоматический водосброс конструкции Ленгипроводхоза с ковшовым водоприемным оголовком на свайном основании быстроточной части



1 - водослив с широким порогом; 2 - водосбросная траншея;
3 - отводящий или соединительный канал; 4 - плотина.

Рисунок 29 - Траншейный водосброс (по Мамонтовой, 2012)

В прудовых рыбоводных хозяйствах применение траншейных водосливов не получило распространения, потому что источники водоснабжения рыбоводных хозяйств не имеют больших паводковых расходов.

Водосбросные земляные каналы используются в рыбоводных хозяйствах при эксплуатации головных прудов и небольших водохранилищ.

5.4 Закрытые автоматические водосбросы

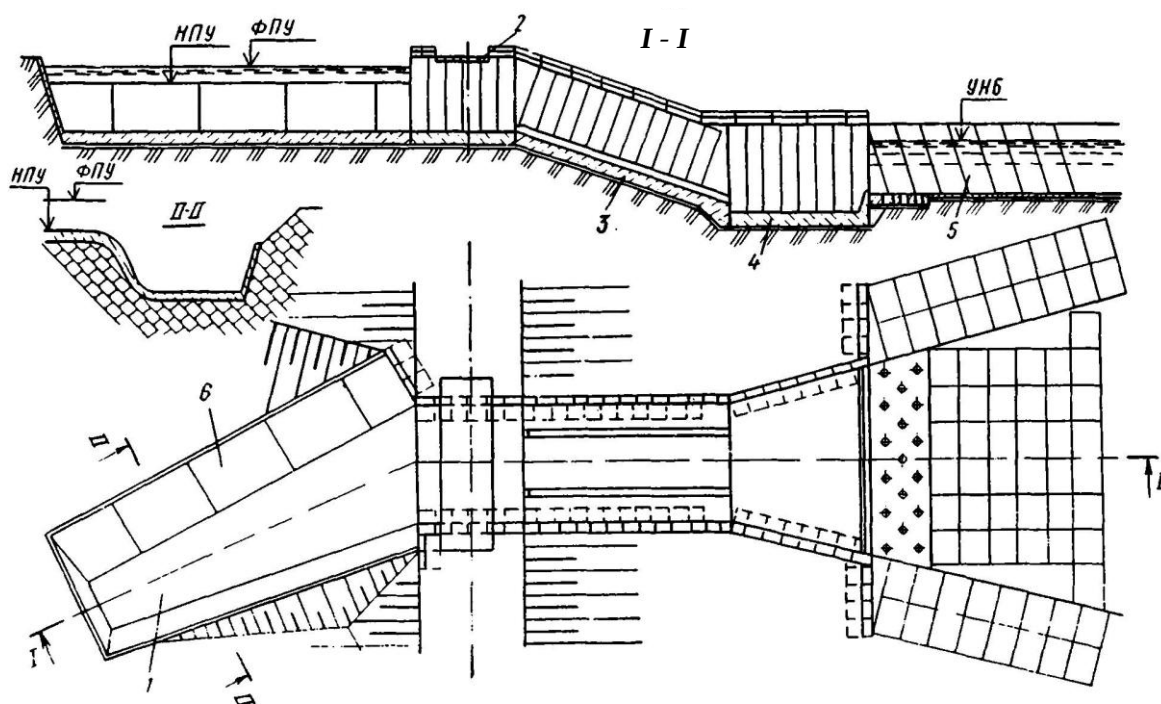
Составными частями автоматических водосбросов являются входной оголовок и примыкающий к нему трубопровод, укладываемый в грунт ниже поверхности воды. В месте выхода потока воды из трубы устраивают выходной оголовок, а затем - водобойный колодец, воронку размыва или другой тип гасителя для гашения кинетической энергии.

Входная часть водосбросов может быть как с неподтопленным, так и с подтопленным истечением, но лучше неподтопленное истечение, так как длина водосливного фронта в этом случае будет меньше.

К закрытым водосбросам автоматического действия относят: трубчато-ковшовые, сифонные, шахтные, туннельные.

Трубчато-ковшовый водосброс (рисунок 30, 31). Входной оголовок выполняют в виде ковша с забором воды по всему его периметру. Верх стенок ковша расположен на отметке НПУ. Внутренние плоскости стенок ковша - наклонные с коэффициентом заложения 0,5-1,0. Ширина стенок по верху 0,4-0,6 м. Оголовок соединяют переходным участком, обеспечивающим плавный переход от прямоугольного сечения оголовка к круглому сечению трубы. Кромку ковша иногда удлиняют, выполняя ее ломаной, и тем самым увеличивают водосливной фронт [21, 22].

Трубы применяют железобетонные круглые заводского изготовления. По длине трубы ставят противofильтрационные диафрагмы. Водосброс применяют при паводковых расходах около 15 м³/с. Гидравлический расчет трубчато-ковшового водосброса заключается в определении длины водослива, размеров поперечного сечения труб и расчете нижнего бьефа.



1 – входная часть водосброса; 2 – ковш; 3 – напорные трубы; 4 – гаситель.

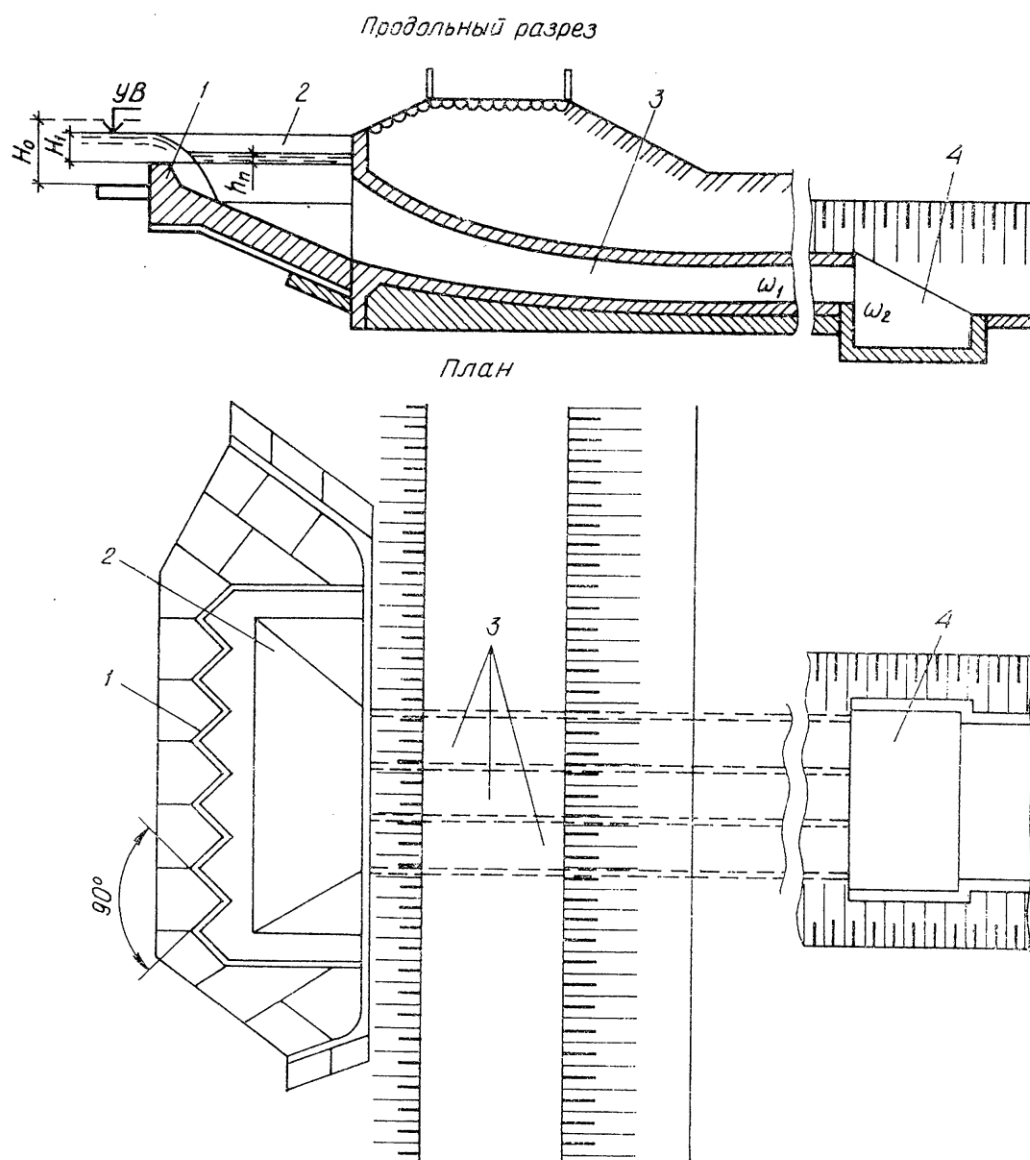
Рисунок 30 - Трубчато-ковшовый водосброс (Укргипроводхоз) (по Мамонтовой, 2012)

Водосброс называют *шахтным*, если ствол шахты целиком выполнен (размещен) в грунте. Шахта обеспечивает автоматический сброс воды и поддерживает уровень в верхнем бьефе в установленных пределах.

Шахтный (башенный) водосброс состоит из следующих основных частей: башни (шахты); водоотводящей трубы; устройства нижнего бьефа и водоспуска (при необходимости).

При наличии водоспуска шахта используется для установки затворов, размещения оборудования и служебного мостика, с которого осуществляется управление режимом работы водоспуска и отводящего водовода.

Типовые проекты для рыбоводных хозяйств разработаны для железобетонных монолитных и железобетонных сборных конструкций вооружений на расход 11,20 и 30 м³/с. Паводковый водосброс шахтного типа автоматического действия из сборного железобетона на расход 11 м³/с запроектирован при высоте шахты 6, 5 и 4 м.



1 - входная часть; 2 - ковш; 3 - напорные трубы; 4 - водобойный колодец.

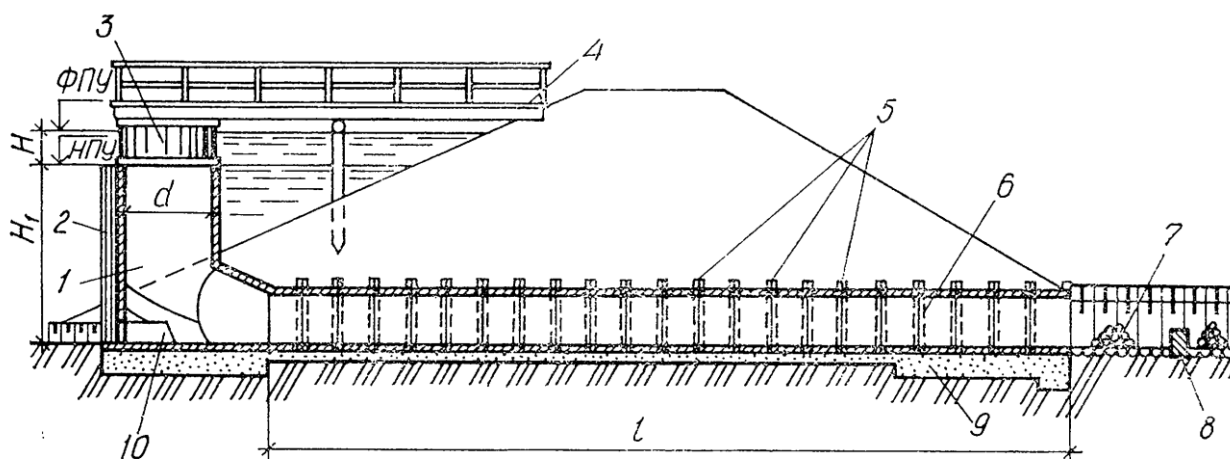
Рисунок 31 - Трубчато-ковшовый водосброс (по Гриневскому, 1990)

Вертикальная шахта квадратного сечения сооружена из отдельных железобетонных блоков и установлена на фундамент из блока, заполненного песком и прикрытого сверху железобетонной плитой. Расчетная высота воды над порогом водослива 0,75 м. Сверху по контуру шахты расположена мусороудерживающая решетка. Из вертикальной шахты вода поступает в горизонтальную железобетонную трубу круглого сечения диаметром 1,5 м. Нижняя часть трубы обхватывается лоткообразным железобетонным блоком высотой 3,8 м, уложенным на подготовку из бетона. По длине трубы располагаются две железобетонные диафрагмы толщиной по 10 см. На выходе из трубы находится водобойный колодец, а дальше - крепление

железобетонными плитами, заканчивающееся призмой из каменной наброски.

Шахтные водосбросы бывают регулируемые и нерегулируемые (автоматического действия). В *регулируемых* водосбросах гребень кольцевого водослива располагают ниже НПУ, а для поддержания заданного уровня в водохранилищах применяют затворы. Управляют затворами со служебных мостиков. В *нерегулируемых* шахтных водосливах, работающих автоматически, кольцевые водосливы располагают на отметке НПУ.

Если ствол шахты расположен выше поверхности грунта, такой водосброс называют **башенным**. Он состоит из круглой или прямоугольной башни и горизонтальной трубы круглого или прямоугольного поперечного сечения. Вертикальная башня может быть каменной, бетонной и железобетонной (рисунок 32).



- 1 - башня; 2 - пазы для щитов; 3 - металлическая решетка; 4 - служебный мостик;
5 - муфты; 6 - отводящая труба; 7 - отводящий канал; 8 - водобойная стенка;
9 - бетонное основание; 10 - донное отверстие.

Рисунок 32 - Башенный водосброс (по Мамонтовой, 2012)

Отводящая труба устраивается из железобетонных труб, уложенных на бетонном основании. Верх башни должен быть на отметке НПУ. При повышении уровня, вода переливается через стенки башни и отводится по *отводящей трубе* в нижний бьеф. В конце отводящей трубы устраивается сооружение для гашения энергии потока (водобойный колодец, водобойная стенка, консольное устройство с воронкой размыва и др.), за которым расположен отводящий канал. Сверху по периметру башни устанавливается

металлическая решетка, возвышающаяся над максимальным подпорным уровнем (ФПУ) воды. Она предотвращает попадание в башню различных плавающих предметов.

Башенные водосбросы строятся как в берегах, так и в теле плотины. Их часто совмещают с водовыпусками (водоспусками). Для таких случаев в нижней передней части башни устраивают отверстие, перекрываемое щитом, управление которым осуществляется со служебного мостика. Для защиты водоспуска от засорения на входе устанавливают решетки или сорозащитный свайный ряд, предотвращающие уход рыбы [11, 20].

На участке водосбросного сооружения верховой откос плотины крепят железобетонными плитами по слою песчаной подготовки – это необходимо для устранения деформаций крепления и образования трещин вблизи шахты при возведении насыпи из пучинистых грунтов.

При расположении шахты в откосе насыпи желательно отсыпать вокруг шахты специальную берму, которая способствует выравниванию скоростей подхода сбрасываемого потока и улучшает режим работы и пропускную способность водослива башни или шахты (рисунок 33). Днище башни выполняют из монолитного железобетона. При расходах более 80-120 м³/с резко увеличиваются сливной периметр и объем башни (при этом возрастает масса башни и ее стоимость).

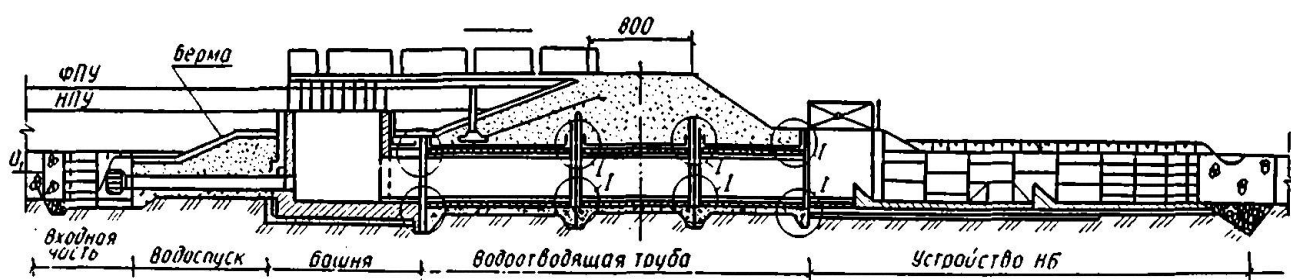
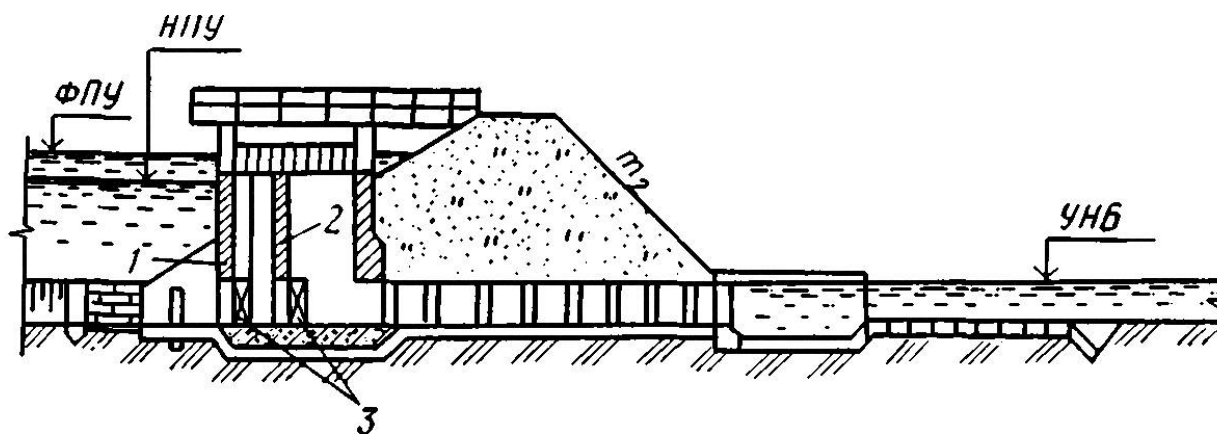


Рисунок 33 - Башенный водосброс (Белгипроводхоз) (по Мамонтовой, 2012)

Если необходимо повысить прочность башни, то в ней устанавливают внутреннюю разделительную *стенку-диафрагму* (рисунок 34), в нижней части которой устраивают перепускные отверстия.



1 – водоспускное отверстие; 2 – диафрагма; 3 – затворы.

Рисунок 34 - Шахтный водосброс, совмещенный с водоспуском (по Мамонтовой, 2012)

Наличие диафрагмы, перепускных отверстий и затворов позволяет уменьшить нагрузку на затвор и улучшить режим работы водоотводящей трубы и устройства нижнего бьефа. Вода, поступившая в башню и донный водоспуск, вытекает в нижний бьеф через *водоотводящие трубы*. Количество ниток и поперечные размеры труб принимаются на основании гидравлического расчета. В типовых сооружениях отводящие трубы устраивают из сборных унифицированных железобетонных изделий круглого (диаметром 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8 м) или прямоугольного профиля (делают из унифицированных блоков 1,5х2 м, 2х2 м или панелей 3х2 м).

По длине водоотводящие трубы делят на секции температурно-осадочными швами (ТОШ). При длине водовода до 30 м количество ТОШ принимают не менее трех: на стыке с шахтой и в створах (сечениях), взятых слева и справа от гребня насыпи. Для снижения опасности развития контактной фильтрации по длине водовода через 4-6 м устраивают диафрагмы из железобетона или полимерной пленки. Водоотводящие трубы укладывают на бетонную подготовку.

Наружные поверхности башни и труб оклеивают асфальтовыми матами или другим видом оклеечной гидроизоляции, которая повышает водонепроницаемость бетона и тем самым снижает воздействие на конструкцию касательных сил морозного пучения.

Сифонные водосбросы (рисунок 35). Принцип действия водосбросов основан на работе обычного сифона, представляющего собой изогнутую трубу для перелива воды из одного сосуда в другой, причем уровень воды в них

находится на разных отметках. Водосбросы, представляющие собой трубы прямоугольного или круглого поперечного сечения, применяются главным образом в гравитационных плотинах.

Водосбросы состоят из водозаборного отверстия, заглубленного под уровень верхнего бьефа с таким расчетом, чтобы в сифон не попадал воздух, и порога сооружения, расположенного на отметке нормального подпорного уровня. Как только уровень воды в водохранилище поднимается над отметкой НПУ, вода переливается через порог, и после вытеснения водой воздуха из сифона он автоматически включается в работу. За сифоном (в нижнем бьефе) устраивают водобойный колодец для гашения энергии воды, вытекающей из сифона.

Сифонные водосбросы монтируют из асбестоцементных и металлических труб и из резиноканевых шлангов.



Рисунок 35 - Сифонный водосброс

Также существуют *переносные сифонные водосбросы*, используемые для сброса воды из рыбоводных прудов в том случае, когда в плотине нет или нельзя построить другое водосбросное сооружение.

Сброс воды сифонными водосбросами производят при небольших площадях прудов (до 8 га). Сифон может работать с затопленным выходным отверстием (напор будет равен разности уровней воды в верхнем и нижнем бьефах) и с незатопленным выходным отверстием (напор будет равен

разности отметок верхнего бьефа и центра выходного отверстия). Для ввода сифона в действие закрывают входное и выходное отверстия, через отверстие для заливки воды заливают воду, после наполнения сифона водой отверстие для заливки воды закрывают, открывают входное отверстие, а потом выходное, после чего сифон начнет работать.

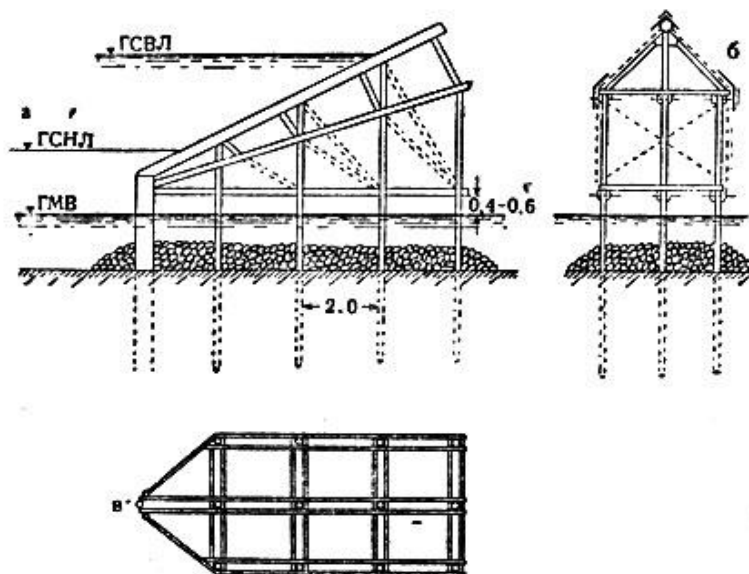
6 Льдозащитные устройства

Льдозащитные устройства – устройства, используемые для измельчения льда и пропуска его через водослив (рисунок 36).



Рисунок 36 - Льдозащитные устройства

Ледорезы устраивают около стоек паводкового водослива. Ледорезы простейшего типа состоят из ряда соединенных между собой свай, которые в зоне ледохода обшиты железом. Рабочей частью ледореза служит наклонное режущее ребро, укрепленное уголковым железом (рисунок 35). Ледорезы строят из камня, дерева, бетона, железобетона и других материалов [3].



а - вид сбоку; б - вид сзади; в - план; ГСВЛ - горизонт самого высокого ледохода; ГСНЛ - горизонт самого низкого ледохода; ГМВ - горизонт меженных вод.

Рисунок 37 - Шатровый ледорез

Для защиты водослива и затворов от ударов льдин перед сооружением строят льдозащитные стенки (рисунок 38) или запони, задерживающие лед в водоеме.

Льдозащитная стенка состоит из свайных опор. Сваи могут быть из дерева, железобетона, бетона и металла. Наиболее надежным сооружением является льдозащитная стенка в виде арки из железобетонных свай с монолитным железобетонным поясом, защищенным деревянными коротышами. Концы арки опираются на устои водосброса или на специальные опоры из наклонно забитых свай.



Рисунок 38 - Льдозащитная стенка с пешеходным проходом по ней (г. Ивангород)

Плавучая запонь представляет собой плавучую преграду из соединенных между собой тросом бревен. Запонь не требует забивки свай, кроме опорных; гибка (по своей конструкции) - удары льдин для нее не опасны. Плавучие запони применяют при толщине льда не более 0,5 м.

7 Рыбозаградительные и рыбозащитные сооружения

Рыбозаградительные и рыбозащитные сооружения – устройства необходимые для предотвращения выхода рыбы из рыбоводных прудов (пойменных и русловых) вверх по течению, а также попадания рыб в водозаборные сооружения, которые строят для забора воды из рек и водохранилищ в оросительные системы, насосные установки и т. д. [3]

7.1 Рыбозаградительные сооружения

К рыбозаградительным сооружениям относятся верховина, решетки и сетчатые заграждения донных водоспусков.

Верховина - специальное гидротехническое сооружение, представляющее собой решетчатое заграждение постоянной или разборной конструкции, предотвращающее уход рыбы из прудов вверх по течению реки или ручья и препятствует заходу хищной и сорной рыбы из реки в пруд.

Верховину сооружают в верховьях русловых нагульных прудов, во всех реках и ручьях, впадающих в пруд и имеющих постоянный расход воды.

Верховины из железобетона (рисунок 39) рекомендуют применять при глубине воды перед сооружением до 3 м. Несущей конструкцией верховины являются железобетонные сваи, между которыми устанавливают рыбозаградительные решетки. Для предохранения от размыва вдоль верховины устраивают железобетонный флутбет. По верховине прокладывают служебный мостик и тельферный путь [20].

Решетки донных водоспусков служат для предотвращения выхода рыбы из пруда во время спуска воды из него, создания проточности при сбросе объема воды летних паводков и пр. Решетки устанавливают в пазы башен донных водоспусков.

Решетка представляет собой металлическую рамку высотой 30-50 см. Рамку обтягивают сеткой или делают в ней вертикальную или горизонтальную решетку из обручного железа. Величина просветов в сетке зависит от категории того пруда, в котором устанавливают донный водоспуск. Так, в нерестовых прудах отверстия в сетке равны 1 мм, для нагульных прудов просветы между полосами железа 1 см.

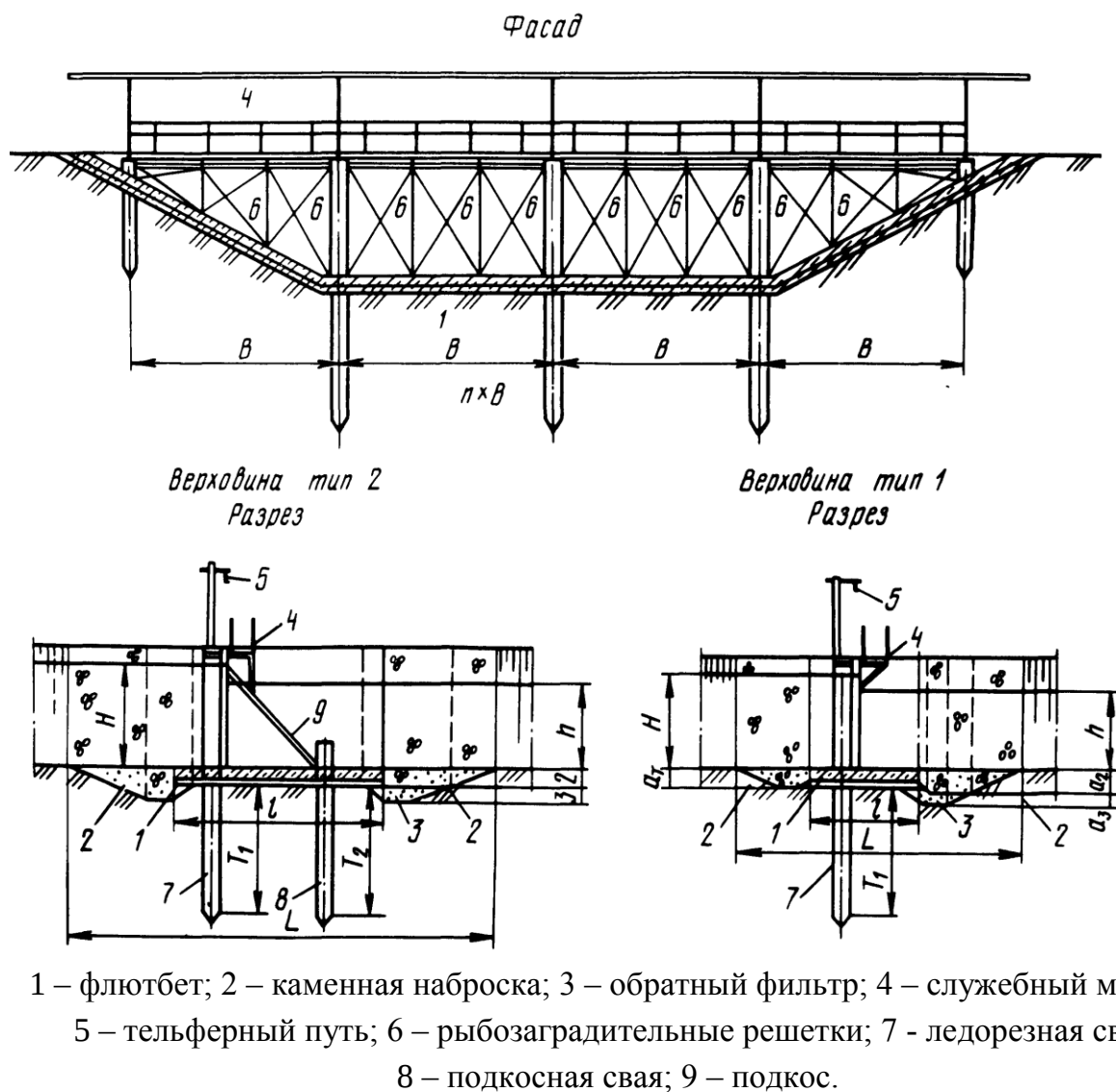


Рисунок 39 - Верховина конструкции Гидрорыбпроекта (по Мамонтовой, 2012)

Сетчатые заграждения используют для предотвращения выноса рыб через донные водоспуски при опорожнении прудов. Сооружение устанавливают перед башней донного водоспуска вплотную к его торцовым стенкам. Сваи являются несущей конструкцией сооружения. Сетчатые рамки вставляют в пазы стоек до начала спуска пруда.

В рамки вставляют штампованные металлические сетки с отверстиями от 1 до 10 мм. Заграждение может применяться во всех летних прудах глубиной до 3,0 м. Для напора воды 1,0 и 1,5 м сооружение в плане имеет вид четырехугольника, размер сеток с рамкой - 76х60 см, для напоров 2,0-2,5 м - шестигранника, размер сеток с рамкой - 106х60 см.

Вместо сетчатых заградителей в выростных и нагульных прудах применяют решетки, устанавливаемые в пазы башен донных водоспусков.

7.2 Рыбозащитные устройства

Рыбозащитные устройства входят в состав водозаборных сооружений промышленных предприятий, ирригационных систем, тепловых электростанций и других потребителей воды, расположенных на водотоках и на рыбохозяйственных водоемах и предназначены для защиты личинок, молоди и половозрелых рыб от попадания в водозаборные сооружения и гибели. Основная причина попадания рыбы в водозаборные сооружения - пассивный снос и затягивание во входные отверстия сооружения [22].

Рыбозащита водозаборов должна рассматриваться по двум направлениям:

1) предусматривает выбор правильного месторасположения водозаборов и их водоприемников и связано с особенностями распределения молоди, ее миграции, сезонным и суточным ритмом попадания в данном конкретном водоеме и водотоке, поэтому для устройства водозабора определяется район с минимальной концентрацией рыб;

2) связано с защитой рыб, попавших в зону действия водозаборов, и основано на знании приемов управления поведением рыб, их реакций на отдельные раздражители, использующиеся для отпугивания или направления движения молоди, а также на знании скоростей движения рыб.

Сезонный ритм попадания молоди рыб в водозаборы различен в разных водоемах и водотоках и меняется по годам. Наиболее резкое увеличение концентрации молоди в районе водозабора происходит в результате предшествующего нереста производителей и миграции молоди рыб.

Рыбозащитные устройства подразделяют на три группы [8, 9, 20]:

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

2 группа – гидравлические заграждения – струенаправляющие устройства, с помощью которых в водотоках создаются гидравлические

условия для направления движения рыб у гидротехнических сооружений (отбойные козырьки);

3 группа – «физиологические» заграждения – устройства, задерживающие рыбу путем создания в воде электрических полей, светового и звукового воздействия, а также завес из воздушных пузырьков.

Водозаборы с рыбозащитными устройствами размещают в зонах с пониженной концентрацией рыб. Не допускается располагать рыбозащитные устройства в районах нерестилищ, зимовальных ям, а также на участках интенсивной миграции и концентрации личинок и молоди рыб.

В практике наиболее широкое применение получили рыбозащитные устройства, созданные на поведенческом и физическом принципе защиты – *фильтры с различным родом заполнителя и различные сетчатые конструкции.*

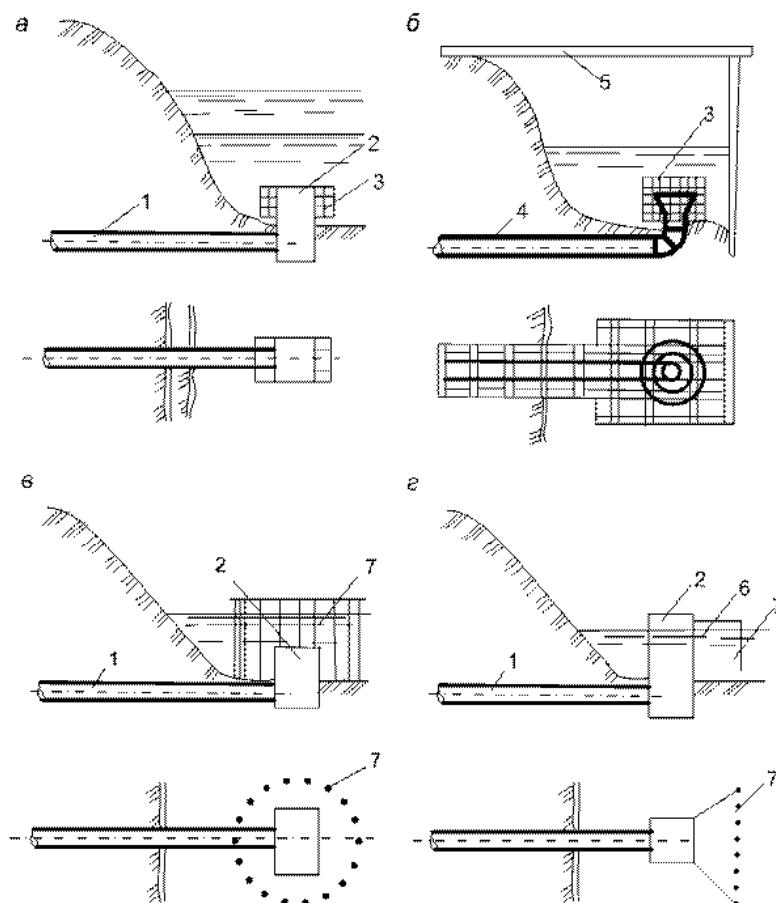
В качестве отвода молоди от рыбозащитного устройства применяются рыбоотводные устройства (гидравлические и пневматические), специальные рыбонасосы, кольцевые эжекторы, самотечные каналы.

1. Механические заграждения - это устройства представляющие собой механическую преграду перед водозабором (рисунок 40). В зависимости от характера преграды бывают *сетчатыми* и *фильтрующими*. Такие устройства устанавливаются у оголовка водозабора и могут быть как с рыбоотводом, так и без него [16].

Простейшие заграждения: плетни, решетки; фильтрующие водозаборы: ряжевый оголовок (РЯЖ), фильтрационный экран, сетчатые заграждения (рыбозаградитель кассетный (РК), плоские сетки с рыбоотводами, каркас), сетчатые барабаны (барабан лопастной рыбозащитный (БЛР)).

Наиболее часто употребляемые установки: кассетные фильтры, плоские сетки, сетчатые барабаны.

Механические устройства создают преграду на пути движения рыб и служат рыбонаправляющими сооружениями для направления рыбы к входу в рыбопропускные сооружения. Используются на относительно небольших водозаборах с расходом воды 5-10 м³/с. Неподвижные сети и решетки выполняют из металла или капрона и подвешивают к поплавкам или жестким железобетонным опорам (колоннам, сваям). Недостатками работы такой конструкции являются: потеря некоторого напора на ГЭС, быстрая засоряемость и трудность ее очистки и ремонта.



а, б – механические; в, г – электрические; 1, 4 – самотечный или сифонный трубопровод; 2 – русловое водоприёмное устройство-оголовок; 3 – сетчатый барабан; 5 – эстакада или мостик; 6 – глухие открывки; 7 – системы электродов электрорыбозаградители

Рисунок 40 - Схемы установки рыбозаградителей на водозаборах

Плоские сетки применяют в водозаборах на водотоках и водоемах. Их устанавливают в водозаборных отверстиях оголовков, на входе в водозаборные отверстия, на плавучих насосных станциях и др. Они состоят из несущей конструкции, грубой решетки, сетчатого полотна, очистного устройства, подъемного механизма, монтажной площадки.

Плоские сетки с рыбоотводом часто устанавливают на подводящих каналах. Они состоят из несущей конструкции, грубой решетки, сетчатого полотна, подъемного оборудования рыбоотвода, который предназначен для выведения рыбы из подводящего канала. Сетчатое полотно рекомендуют располагать под углом к оси канала в $16-17,5^\circ$.

Механические *сетчатые заградители*, представляющие собой покрытые сеткой барабаны или отдельные лопасти, ставятся в головной части каналов. Приводятся в движение водяным колесом или электромотором. Рыба, задержанная заградителем, выпускается через специальное донное отверстие и лоток обратно в реку.

Сетчатые барабаны устанавливают на всасывающих трубах насосов механических водозаборов и самотечных линиях раздельного типа, а также на плавучих насосных станциях. Их конструкции различаются между собой способом привода вращения барабана или промывного устройства. Пропускная способность зависит от рабочей площади сетного полотна, которая также является основным параметром при конструировании барабана, так как при большей площади сетного полотна меньше давление воды на его поверхность, меньше скорость течения воды в ячейе сетки и вероятность гибели рыбы вследствие прижатия ее к сетке барабана.

Сетчатый барабан состоит из несущей конструкции, каркаса, сетчатого полотна, очистного устройства, подъемно-транспортного оборудования и ограждающего приспособления. На несущей конструкции сетчатого барабана размещается подъемно-транспортное оборудование, насос и др. В каркасе сетчатого барабана находится очистное устройство (водоструйная флейта), детали для крепления сетчатого полотна и соединения сетчатого барабана с оголовком водозаборного сооружения. Сетчатое полотно делают вращающимся и неподвижно закрепленным. Диаметр барабана 900 мм, высота 750 мм. Размер ячеей сеток 1х1, 2х2, 4х4 мм [8, 9].

Диаметры отверстий в экранах заградительного рыбозащитного сооружения следует принимать по СНиП 2.06.07-87 (таблица 3).

Конструирование сетчатых рыбозаградителей должно осуществляться с учетом следующих основных требований (таблица 4).

Таблица 3 – Диаметр отверстий в сетчатых заградителях, мм

Длина тела рыб	12	15	20	30	40	50	60	70	90
Диаметр отверстия в экранах	1,5	2	3	4	6	7	8	9	10

Таблица 4 - Биологические требования и конструкции рыбозаградителей

Биологические требования	Единица измерения	Величина
Размер ячеек сетного полотна		
для защиты молоди рыб всех размеров	мм	1X1
для защиты молоди рыб длиной тела 15 мм и более	мм	2X2
для защиты молоди рыб длиной тела 30 мм и более	мм	4X4
Максимальная скорость течения воды в ячейке сетки		
для защиты молоди рыб длиной тела менее 15 мм	м/с	0,1-0,25
для защиты молоди рыб длиной тела 15 мм и более	м/с	0,25-0,4

На небольших водозаборах, в качестве временных рыбозащитных устройств, применяют простейшие фильтрующие сооружения без рыбоотводов из хвороста, камыша и других материалов в виде плетней или фильтрующие дамбы из камня, щебня, гальки, гравия. При этом для бесперебойного водоснабжения участок канала в месте устройства фильтров расширяют в 2-3 раза.

Гравийный фильтр. Поперек расширенного участка канала забивают два ряда кольев (на глубину не менее 0,5 м); колья каждого ряда закрепляют плетнем. Промежуток между плетнями засыпают гравием размером 1-2 см.

Гравийно-галечный фильтр. Поперек расширенной части канала ставят три ряда плетневых стенок. Промежутки между первой и второй стенкой по течению воды заполняют галькой размером 3-5 см, а между второй и третьей стенкой – гравием. Стенки ставят на расстоянии 0,5 м одна от другой. Иногда между второй и третьей стенкой засыпают крупнозернистый песок, тогда такой фильтр называют песчано-галечным [6].

Стекло-гравийный фильтр. В промежутки между плетневыми стенками насыпают гравий с мелкобитым стеклом с таким расчетом, что стекло заполняло все промежутки между гравием. Попадая в такой фильтр, икра, личинки, мальки хищной и сорной рыбы, а также земноводных травмируются стеклом и погибают. Для увеличения поверхности фильтра его располагают под некоторым углом к оси канал (не менее чем на 45°).

Кассетные фильтры представляют собой эстакаду, в пазы которой вставлены кассеты-коробки, заполненные гравием, керамзитом, стеклянным или кирпичным боем и другими материалами, включая синтетические. Эти кассеты устанавливают для предотвращения попадания в водозабор мусора и молоди рыб. Скорости фильтрации воды в устройствах кассетного типа равны 25-30 см/с.

По мере заиливания и загрязнения фильтров их необходимо очищать и промывать. Промывка фильтров проводится при поднятии кассет на поверхность. Наполнитель кассеты промывают и просушивают. Промывку фильтров проводят также обратным током воды, импульсами давлений и при комбинации этих способов.

2. Гидравлические заграждения - струенаправляющие устройства, с помощью которых в водотоках создаются гидравлические условия, препятствующие попаданию рыбы в водозабор, и условия для направленного рыбоотвода из зоны водозабора (запони и отбойные козырьки, вихревые камеры, струереактивный заградитель (СРЗ), рыбозащитный оголовок с потокообразователем (РОП), жалюзийный экран с гидросмывом (ЖЭГС), рыбозаградитель очищающийся навесной (РОН)) [13, 22].

Устройство запоней и отбойных козырьков состоит из несущей конструкции, щитов и подъемно-транспортного оборудования. Несущую конструкцию выполняют на сваях или каких-либо других опорах или на бонах и других плавсредствах. Она должна обеспечивать надежное крепление щитов (козырьков), монтажа запони и т. д. На несущей конструкции устраивают мостик для прохода.

Потокообразователь на оголовке водозабора создают с помощью возвратной струи скорость воды, которая смывает молодь рыб по течению. Жалюзийные экраны устанавливают в подводящих каналах (рисунок 41), преграждая вход рыбе к водозабору, а гидросмыватель создает скорость, сносящую рыбу по течению реки.

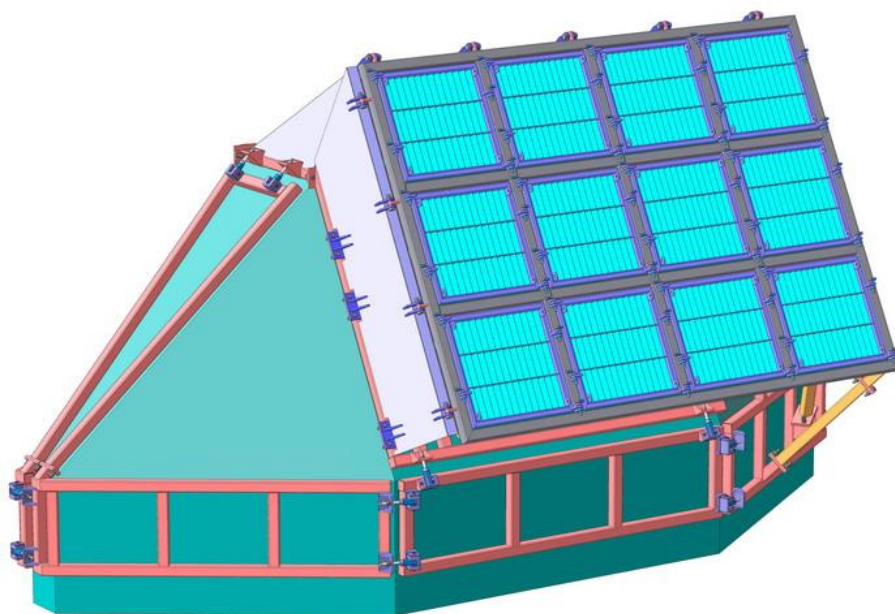


Рисунок 41 - Рыбозащитное устройство типа «жалюзийный экран»

Ряд рыбозаградительных устройств работают по принципу фильтрации. В своем составе они имеют сетчатые конструкции (конусы) и рыбоотводы.

За последние годы было разработано и запатентовано несколько новых конструкций. К их числу входят коаксиально-конусные рыбозащитные сетки с рыбоотводом «Кокон», которые являются высокоэффективными устройствами, защищающими рыб от попадания в водозаборные сооружения (рисунок 42).



Рисунок 42 - Многополостное конусное РЗУ типа «Кокон», установленное на Рублевской водопроводной станции (г. Москва)

3. Физиологические заграждения рассчитанны на использование поведенческих реакций рыб на различные отпугивающие раздражители. Они воздействуют на рыб через зрение, слух, боковую линию. К этой группе устройств относятся электрические, световые, звуковые, воздушно-пневматические устройства. Они задерживают рыбу путем создания в воде электрических полей и завес из воздушных пузырьков (электрозаградители, воздушно-пузырьковая завеса (ВПЗ)). Разработаны заградители с применением звука, света. Используются как отдельные раздражители, так и их комплекс [20].

Физиологические устройства основаны на применении раздражителей, воздействующих на поведение рыб. *Электрические рыбозащитные устройства* используют в оросительных каналах и у гидроэлектростанций. Благодаря им создается электрическое поле, позволяющее задержать мигрирующую рыбу, либо изменить ее движение в нужном направлении, через которое рыба не может пройти. Такое устройство выгодно отличается от сетчатых и механических тем, что не требует очистки и может применяться при скорости течения 1,5-2 м/с, при этом ширина перекрываемого потока практически не ограничивается.

Электрорыбозаградитель состоит из опущенных в воду электродов. Электроды представляют собой металлические трубы или стержни, которые создают в воде электрическое поле. В электроды диаметром 90-100 мм из источника питания поступает переменный ток. Электроды укрепляют на специальной тросовой системе. Расстояние между электродами от 0,5 до 5,0 м в зависимости от размера подходящей к электрозаградителю рыбы.

Воздушно-пузырьковая завеса создается воздухомаспылителем магистралью с перфорацией, уложенной по дну лотка, канала под углом от 60 до 8° к потоку воды (рисунок 43). Наиболее эффективная завеса-плотная, спокойная, с несколькими рядами перфораций (6 рядов). Для отвода рыбы от воздушно-пузырьковой стенки устраивают рыбоотвод [10].

В нашей стране применяют однорядный электрорыбозаградитель ЭРЗУ-1, разработанный ГосНИОРХом и Ленинградским электротехническим институтом. Он состоит из несущей конструкции, системы электродов, делителя напряжения, прерывателей тока, системы управления и контроля, подъемно-транспортного оборудования и ограждающего приспособления.



Рисунок 43 - Схема воздушно – пузырькового рыбозащитного устройства

Рыбозаградитель состоит из одного ряда расположенных вертикально электродов, опускаемых на всю глубину водоема. Электроды сделаны из металлических труб, стержней или полос и сгруппированы в секцию по 12 шт. Расстояние между электродами зависит от электропроводности воды и размера защищаемой рыбы. Питание ЭРЗУ-1 осуществляется переменным током.

Световые рыбозащитные устройства разработаны на основе биологических особенностей рыб. Реакция рыб на искусственный источник света имеет видовую специфичность, может быть различной на разных стадиях онтогенеза даже у одного и того же вида, а также зависит от физиологического состояния рыбы, от абиотических и биотических факторов среды. Одни виды рыб положительно реагируют на свет, другие безразличны к нему, а третьи реагируют отрицательно. Световые рыбозаградители можно использовать для защиты молоди леща, воблы и некоторых других видов рыб.

Звуковые рыбозащитные устройства основаны на том, что рыбы воспринимают звуки широкого диапазона частот от 1 до 13 000 Гц. В этом принимают участие органы слуха, боковой линии и плавательный пузырь. Звуки с переменными частотой и интенсивностью действуют на рыб сильнее, чем постоянные монотонные звуки. Рыбы пугаются любого шума. Однако эта

реакция сохраняется короткое время, так как рыбы быстро адаптируются и не двигаются в нужном направлении. Управлять эффективно поведением рыб с помощью звука можно при использовании биологически значимых акустических сигналов: угрозы, боли, опасности, питания и др.

Установлено, что наиболее сильная двигательная реакция у рыб отмечается на низкочастотные звуки (от 100 до 5000 Гц), которые являются для рыб сигналом опасности и создаются при броске хищников на жертву, биение раненой рыбы. Следовательно, для защиты рыб можно использовать звуки, отвлекающие рыб из зоны водозабора.

7.3 Рыбозащитные устройства фильтрующего типа на водоподающих каналах

На водоподающих каналах устанавливают различные заградители - сетчатые и другие механические преграды, электрозаградители. Они препятствуют проникновению сорных рыб в рыбоводные пруды и защищают молодь рыбы от попадания в насосные установки и в водозаборы оросительных систем.

Фильтры препятствуют попаданию сорной рыбы, икры и личинок сорных рыб из водоподающих каналов в рыбоводные пруды. Их устанавливают в голове магистрального водоснабжающего канала. Размеры фильтров зависят от пропускной способности канала. Фильтры бывают гравийные, стеклянно-гравийные, гравийно-галечные, каменно-щебеночные и песчано-гравийные.

Для устройства фильтров участок канала расширяют, перегораживают двумя стенками, расположенными на расстоянии 1,5 м одна от другой. Образованный отсек в зависимости от рода материала заполняют целиком или наполовину. Например, если строится каменно-щебеночный фильтр, то устраивают два отсека, первый (считая по течению воды) заполняют камнем, второй - щебнем. Для задержания личинок и икры рыб к слоям гравия через каждые 5 см добавляют мелкобитое стекло.

Для увеличения поверхности фильтра его располагают в канале дугообразно или под углом не менее 45°. Перед фильтром устанавливают заграждение для грубой очистки от мусора и крупных включений, что увеличивает срок работы фильтра. Заграждение для грубой очистки может

быть выполнено из плетней. Фильтры по мере их засорения очищают и промывают.

Эффективность рыбозащитных сооружений должна быть не менее 70 % для рыб промысловых видов размером более 12 мм (СНиП 2.06.07-87. «Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения»). Параметры рыбозащитного сооружения назначают из условия обеспечения подачи потребителю расчетного расхода воды.

8 Рыбопропускные сооружения

Проходные и полупроходные рыбы на нерест идут из моря в реки. Часто нерестилища расположены на большом расстоянии от моря и на пути к ним производители рыб встречают плотины, преграждающие ей путь вверх по реке. На таких реках, как Дон, Волга, Днепр, Обь, Тулома, Кура, Енисей, и др., имеющих рыбохозяйственное значение, построены по несколько гидротехнических узлов, через которые рыба должна пройти к местам размножения.

Для обеспечения прохода промысловых рыб из нижнего в верхний бьеф к нерестилищам в плотинах гидротехнических узлов строят рыбопропускные сооружения, которые различаются по конструкции и бывают двух типов: рыбоходы и рыбоподъемники. Первые относятся к сооружениям не принудительного действия, вторые – принудительного. Те и другие способствуют сохранению естественного воспроизводства рыбных запасов.

Рыбоход - сооружение в виде лотка, устраиваемое в обход плотины или в ее теле (рисунок 44). В рыбоход из верхнего бьефа постоянно подается вода со скоростями течения, которые может преодолеть рыба при проходе по рыбоводу из нижнего в верхний бьеф. Рыбоходным каналам придают уклоны для создания скоростей, не допускающих интенсивного размыва или заиления русла [3].

В зависимости от скорости воды в рыбоходе различают два вида рыбоходов.

1. Рыбоходы, в которых *скорость течения воды по всей их длине одинакова*. К ним относятся рыбоходы в виде каналов и лотков. Лотковые рыбоходы подразделяются на свободные лотки, лотки с неполными перегородками и лотки с повышенной шероховатостью. Устраивают лотковые рыбоходы при невысоких плотинах с подпором воды в водохранилище до 2 м.

2. Рыбоходы, в которых *скорость течения воды различна на отдельных участках*. К ним относятся прудковые и лестничные рыбоходы.



Рисунок 44 - Рыбоход (река Колумбия, США)

Рыбоходы в виде *свободных лотков* представляют собой открытые лотки прямоугольного сечения (деревянные, каменные и бетонные).

В *лотках с неполными перегородками*, перегородки расположены по длине лотка на определенном расстоянии в зависимости от размеров проходящей по рыбоходу рыбы.

Лотки с повышенной шероховатостью представляют собой лотки, на дне и стенках которых расположены зубцы шероховатости, направленные против течения воды в нем и предназначенные для уменьшения скорости потока воды. Наличие зубцов шероховатости позволяет сократить длину рыбохода и несколько увеличить уклон дна.

Прудковые рыбоходы представляют собой ряд бассейнов, соединенных каналами. Их можно строить при плотинах с напором до 10 м. Рыбоходы строят в обход плотины в естественном грунте берега. Каналы укрепляют камнем. Бассейны строят овальной формы, длиной 5-6 м. В бассейнах рыба может отдыхать по мере продвижения ее из нижнего в верхний бьеф.

Лестничный рыбоход - лоток, разделенный поперечными перегородками на отдельные бассейны (рисунок 45). Дно каждого бассейна горизонтально. Для облегчения продвижения рыбы вверх по рыбоходу в

поперечных стенах сверху или у дна устраивают впływные отверстия различной формы (квадратные, прямоугольные, полукруглые) [20, 22].

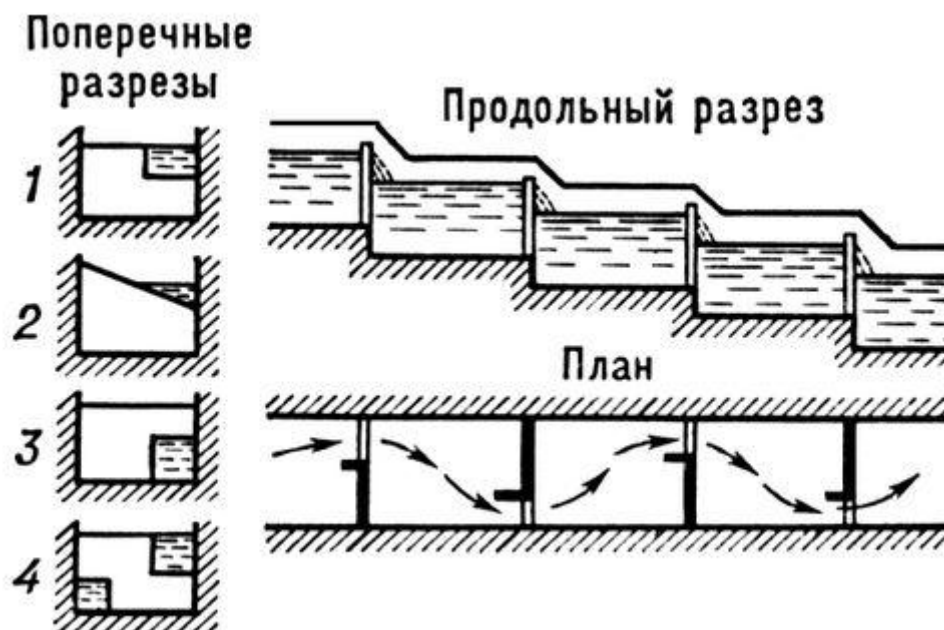


Рисунок 45 - Схема лестничного рыбохода

В рыбоходе должна быть такая скорость, которую может преодолеть данный вид рыбы. Наибольшие скорости в лестничных рыбоходах создаются при переходе из одного бассейна в другой, а в самих бассейнах скорости меньше. По длине лестничных рыбоходов устраивают специальные бассейны для отдыха рыб, размеры которых больше, чем других бассейнов.

Особым видом рыбохода является сооружение, пропускающее молодь угря вверх по реке – *угреход* (лоток шириной 20-40 см со ступенями-бассейнами размером 3 на 5 м, глубиной 0,8-0,9 м, дно покрыто мелким галечником, удерживаемым перегородками с отверстиями).

Рыбоподъемник - сооружение, располагаемое в теле плотины и состоящее из вертикальной шахты, заполняемой водой, и ряда подъемных механизмов. С помощью рыбоподъемников рыбу пропускают из нижнего в верхний бьеф [3].

Для обеспечения нормальной работы рыбопропускных сооружений необходимо соблюдать следующие условия [8, 9]:

- для привлечения рыбы к входу в рыбовод из верхнего бьефа в нижний необходимо подавать значительный расход воды, а скорости воды в этом месте должны быть равны скорости течения воды в реке. Вход в рыбоход

следует располагать с таким расчетом, чтобы рыба могла легко его обнаружить;

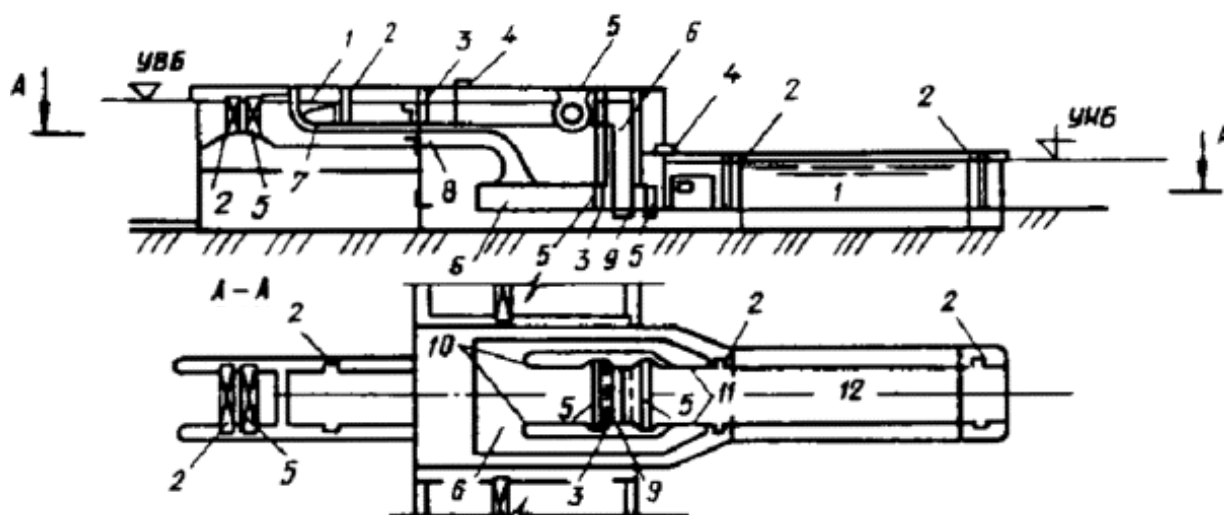
- скорость течения воды по рыбоходу следует назначать в зависимости от вида рыбы, идущей по рыбоходу, чтобы рыба могла ее преодолеть;

- размеры отдельных конструктивных частей рыбоходов необходимо выбирать в зависимости от вида рыб, которые будут проходить по этому рыбоходу. Так, ширину, длину отдельных бассейнов, уклон дна, расстояние между бассейнами для отдыха рыб, размеры отверстий и т.д. следует назначать в каждом отдельном случае специально;

- при устройстве рыбоподъемников размеры лотка и камер рыбоподъемника необходимо назначать с учетом исключения травмирования рыбы при подъеме ее из нижнего бьефа в верхний;

- работа подъемных и других механизмов должна быть по возможности бесшумной, чтобы не отпугивать рыбу от сооружения.

Принцип работы *гидравлического рыбоподъемника* с побудительными устройствами заключается в следующем: вода из водохранилища поступает в верхнюю камеру и стекает по наклонной галерее в нижней камере в нижний бьеф, что привлекает рыбу и направляет ее в нижнюю камеру (рисунок 46).



- 1 - верховой (выходной) лоток; 2 - аварийно-ремонтные загораждения; 3 - сетчатые затворы; 4 - побудительное устройство; 5 - затворы эксплуатационные и блоков питания; 6 - блок питания; 7 - выплывные отверстия; 8 - ихтиологическое устройство; 9 - подъемная площадка; 10 - обходные галереи; 11 - стационарные рыбозащитные решетки; 12 – рыбакопитель.

Рисунок 46 - Гидравлический рыбоподъемник (по Гришину, 1979)

После закрытия нижних отверстий и заполнения наклонной галереи водой вступает в работу отводная труба, и ток воды через рыбоподъемники продолжается и вынуждает рыбу подниматься в верхнюю камеру. В верхний же бьеф рыба переплывает через верх плоского затвора. Затем автоматически начинается подниматься затвор нижней камеры, и рыбоподъемник опорожняется.

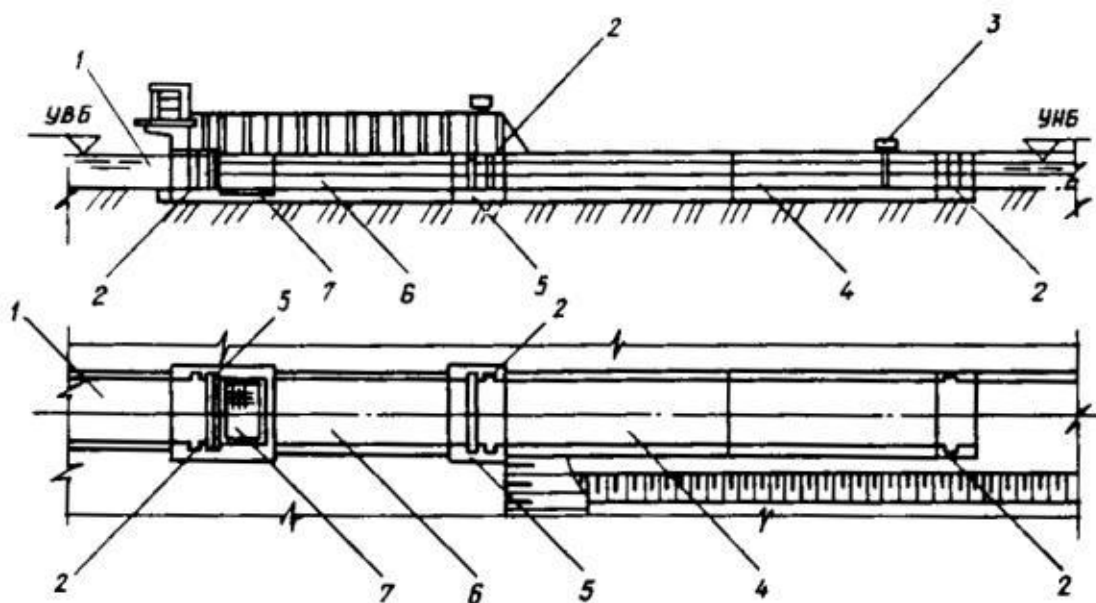
По входному лотку рыбоподъемника через открытое отверстие в шахте рыба входит в нее. Выходное отверстие из шахты в это время закрыто. Далее входные затворы в шахту закрывают и по специальным трубопроводам ее наполняют водой. Когда рыба находится в лотке, вертикальная побудительная решетка, двигаясь по направлению шахты, подгоняет рыбу к шахте. В шахте горизонтальная побудительная решетка, двигаясь по шахте снизу вверх, подгоняет рыбу вверх, где после наполнения шахты водой открывается выходное отверстие и рыба выходит по верхнему лотку в верхний бьеф.

Преимущества гидравлических рыбоподъемников: они могут использоваться в гидроузлах любого напора и для всех пород рыб, идущих как вверх, так и вниз по течению; рыба при этом затрачивает сравнительно небольшие усилия.

Особым типом рыбопропускных сооружений являются *рыбопропускной шлюз* (рисунок 47) - сооружение, действующее как обычный шлюз, и *плавучая установка* для привлечения и транспортировки рыбы (она состоит из рыбонакопителя и двух контейнеров) [8, 9, 13].

Рыбопропускной шлюз расположен в теле плотины и состоит из двух параллельно идущих нижних подходных лотков, двух параллельно расположенных камер шлюза и одного верхнего выходного лотка.

В начале и конце камер шлюза расположены затворы. Дно нижних подходных лотков длиной 40-50 м и шириной лотка 6-8 м устроено с некоторым уклоном в сторону нижнего бьефа. Дно в камерах шлюза на участке со стороны верхнего бьефа имеет уклон 1:3. Дно верхнего горизонтального лотка длиной 20 м и шириной 3-5 м горизонтально.



- 1 - верховой (выходной) лоток; 2 - аварийно-ремонтные загораживания;
 3 - побудительное устройство; 4 - рыбонакопитель; 5 - затворы эксплуатационные с блоком питания; 6 - рабочая камера; 7 - ихтиологическое устройство.

Рисунок 47 - Рыбопропускной шлюз (по Гришину, 1979)

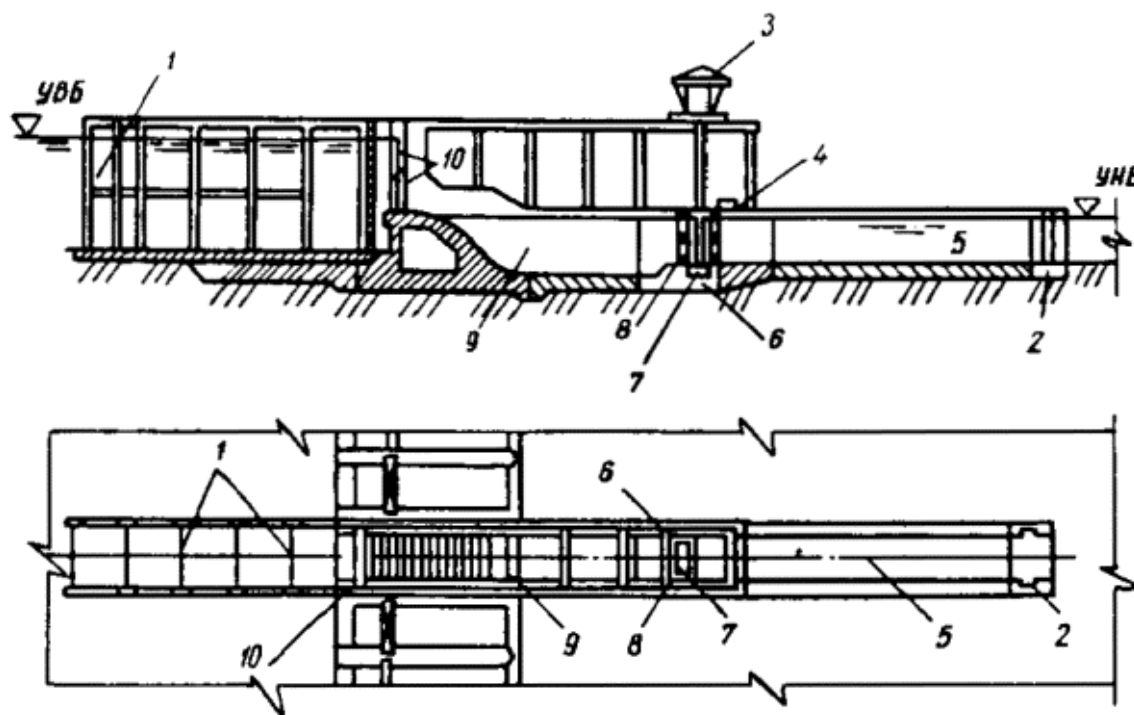
Механические рыбоподъемники - рыбопропускные сооружения, служащие для механического подъема рыбы в специальной сетке или в наполненной водой камере (рисунок 48).

Принцип работы рыбоподъемников аналогичен принципу работы механических судоподъемников, лифтов и канатных дорог. В высоконапорных гидроузлах с короткой деривацией вход в рыбопропускное сооружение осуществляется вблизи ГЭС, а далее для транспортировки рыбы через плотину могут быть использованы канатные дороги, как это осуществлено на гидроузле Орегон (США) с плотиной высотой 120 м [20].

Плавучая установка используется для привлечения, накопления и транспортировки рыбы, идущей на нерест в верховья рек, через гидротехнические узлы.

Установка состоит из несамоходного рыбонакопителя длиной 51,3 м, шириной 13,2 м, который устанавливается в нижнем бьефе гидротехнического узла, и двух самоходных контейнеров длиной 21,7 м и шириной 13,2 м, предназначенных для непрерывной транспортировки рыбы из нижнего в верхний бьеф. В то время, как один контейнер в состыкованном, с рыбонакопителем, состоянии накапливает рыбу, другой контейнер

транспортирует ее через судоходный шлюз и выпускает в верхнем бьефе гидроузла. Рыбонакопитель плавучей рыбопропускной установки можно перемещать по ширине и длине русла нижнего бьефа реки на путях подхода рыбы в поисках прохода в верхний бьеф.



1 - верховой выходной лоток; 2 - аварийно-ремонтные заграждения; 3 - кран;
4 - побудительное устройство; 5 - рыбонакопитель; 6 - рабочая камера; 7 - ниша
контейнера с подъемной площадкой; 8 - сетчатые затворы; 9 - блок питания;
10 - затвор блока питания.

Рисунок 48 - Механический рыбоподъемник (по Мамонтовой, 2012)

Условия, определяющие создание рыбопропускных сооружений. При установлении целесообразности строительства рыбопропускных сооружений учитывают следующее:

- ценность и величину запаса тех видов рыб, нерестилища которых будут расположены выше плотины;
- значение нерестилищ, расположенных в зоне проектируемого гидроузла, для воспроизводства ценных промысловых рыб, сохранятся ли они в новых условиях и будут ли соответствовать биологическим требованиям данного вида рыб. Нужно учитывать также возможность образования новых нерестилищ в нижнем и верхнем бьефах гидроузла;

- возможность ската производителей и молоди рыб из верхнего бьефа в нижний вместе с потоком воды, сбрасываемым через гребень плотины и турбины ГЭС;

- оценка экономической эффективности рыбопропускного сооружения. Если эта оценка положительна, то все равно ущерб, наносимый рыбному хозяйству строительством плотины, слишком велик и не может быть компенсирован лишь устройством рыбопропускного сооружения. Необходимо, чтобы организации, проектирующие и строящие плотины, строили по согласованию с органами рыбоохраны не только рыбопропускные сооружения, но и рыбоводные предприятия, искусственные нерестилища.

9 Водозаборные сооружения и насосные станции

Водозаборными (водозаборами) сооружениями называются сооружения, при помощи которых вода забирается из водохранилища, подается в водоводы (трубопроводы или каналы) и дальше транспортируется к потребителю. Водозаборные сооружения предназначены для забора воды из источника питания и подачи ее в рыбоводные пруды. Они должны обеспечивать бесперебойную и правильную (согласно графикам потребления) подачу воды в магистральный канал, преграждать доступ в него мусора, льда, шуги, а также хищной и сорной рыбы, предотвращать попадание наносов и т. д. Водозаборные сооружения относят к водорегулирующим сооружениям.

Водохранилища, используемые для культурных целей (купания и т. д.), водозаборных сооружений не имеют. На водозаборных сооружениях предусматривают водомерные устройства для экономного расходования водных ресурсов.

К водозаборным сооружениям предъявляются следующие *основные требования* [19]:

- стабилизация гидравлических параметров потока (уровни, расходы и др.) в соответствии с целевым назначением сооружения, с максимально возможной и экономически оправданной автоматизацией их работы;
- простота, экономичность и технологичность изготовления конструкций;
- надежность и долговечность работы;
- удобство эксплуатации;
- максимальное внедрение типовых решений;
- использование новых, а также местных строительных материалов, применение прогрессивных методов строительства.

По *конструктивным признакам* различают регуляторы открытые (шлюзы-регуляторы) - с разомкнутым сводом над уровнем воды в пределах сооружения; диафрагмовые - забральные; закрытые (трубчатые) - с замкнутым сводом над уровнем воды.

По *основному строительному материалу* различают сооружения бетонные, железобетонные, из полимерных и местных материалов.

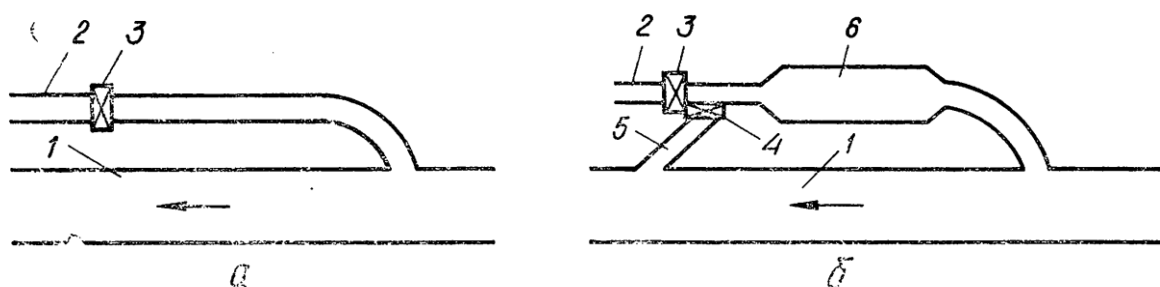
По *способу производства работ* бетонные и железобетонные

сооружения подразделяются на сборные, монолитные и сборно-монолитные.

Существует два основных способа забора воды из водохранилища - механический подъем и самотечная подача. Водозаборы с механическим подъемом воды применяют в тех случаях, когда невозможно обеспечить самотечную подачу воды.

Водозаборы могут быть *бесплотинными* и *плотинными*. Тип сооружения зависит от высоты плотины и расхода, подаваемого потребителю. Различают водозаборы поверхностные и глубинные, по типу напорных или безнапорных труб, башенные и безбашенные.

Наиболее простой *бесплотинный боковой отвод воды* открытым каналом устраивают на крупных и средних реках со стабильными расходами и горизонтами воды, обеспечивающими надежный забор и подачу воды в пруды (рисунок 49).



а - без отстойника; б - с отстойником; 1 - река; 2 - магистральный канал; 3 - водоприемник; 4 - промывной регулятор; 5 - сбросной канал; 6 - отстойник.

Рисунок 49 - Бесплотинный водозабор с подводящим каналом

Тип и конструкция водоприемника бесплотинного водозабора устанавливаются в зависимости от забираемого расхода, разности уровней воды в реке и канале, условий эксплуатации. При небольшой разнице уровней воды в реке и канале водоприемник устраивается открытого типа, а при значительных перепадах уровней применяются водоприемники с диафрагмой.

Диафрагма позволяет существенно уменьшить высоту затворов, облегчить подъемник и конструкции служебных мостиков.

Следует учитывать, что при бесплотинном типе водозабора из реки в одной точке может быть отведено не более 20-25% расхода, проходящего по реке. В случае необходимости забора большего расхода воды устраивают

несколько бесплотинных водозаборов, подающих воду в один магистральный канал (многоголовый водозабор).

Плотинный водозабор устраивают на малых реках с нестабильными расходами воды и уровнями, значительно колеблющимися в зависимости от сезона и климатических условий. При плотинном водозаборе из реки может быть забран практически весь ее живой ток, кроме санитарного расхода, а также потерь от фильтрации через тело плотины и затворы сооружений гидроузла [5].

Плотинный водозабор наиболее устойчивый и надежный тип водозабора, но отличающийся более высокой стоимостью строительства, так как, кроме плотины, строят паводковый водосброс, донный водоспуск и другие сооружения, т. е. создают головной пруд.

По гидравлическому принципу плотинные водозаборы подразделяются на донно-решетчатые, боковые и фронтальные. Как правило, рассматриваемые речные водозаборные гидроузлы устраиваются низконапорными (до 10 м).

На каждом из участков реки можно применять водозаборы нескольких типов, близких по своим характеристикам. Поэтому окончательный выбор типа водозабора осуществляется технико-экономическим сравнением различных вариантов.

Головные водозаборные сооружения (располагаются в месте забора воды из источника водоснабжения) делятся на открытые шлюзы-регуляторы и закрытые трубчатые. Пропускная способность этих сооружений в хозяйствах аквакультуры не превышает $10 \text{ м}^3/\text{с}$. Для предотвращения попадания в магистральный канал и в пруды хищной и сорной рыбы во входном оголовке устанавливают решетку.

Донно-решетчатые водозаборы применяются на горных участках рек, характеризующихся резкими стихийными проявлениями режима потока, которые создают тяжелые условия для работы водозаборных сооружений.

Одним из возможных вариантов такого водозабора является водозаборный гидроузел, в состав которого входят (рисунок 50): невысокая плотина, в донный порог которой встроена водоприемная галерея, перекрытая решеткой с металлическими стержнями; промывная камера; шугосброс и водоприемник канала.

Вода, проходящая над решетчатой частью водосливной плотины, частично или полностью поступает через решетку в водоприемную галерею,

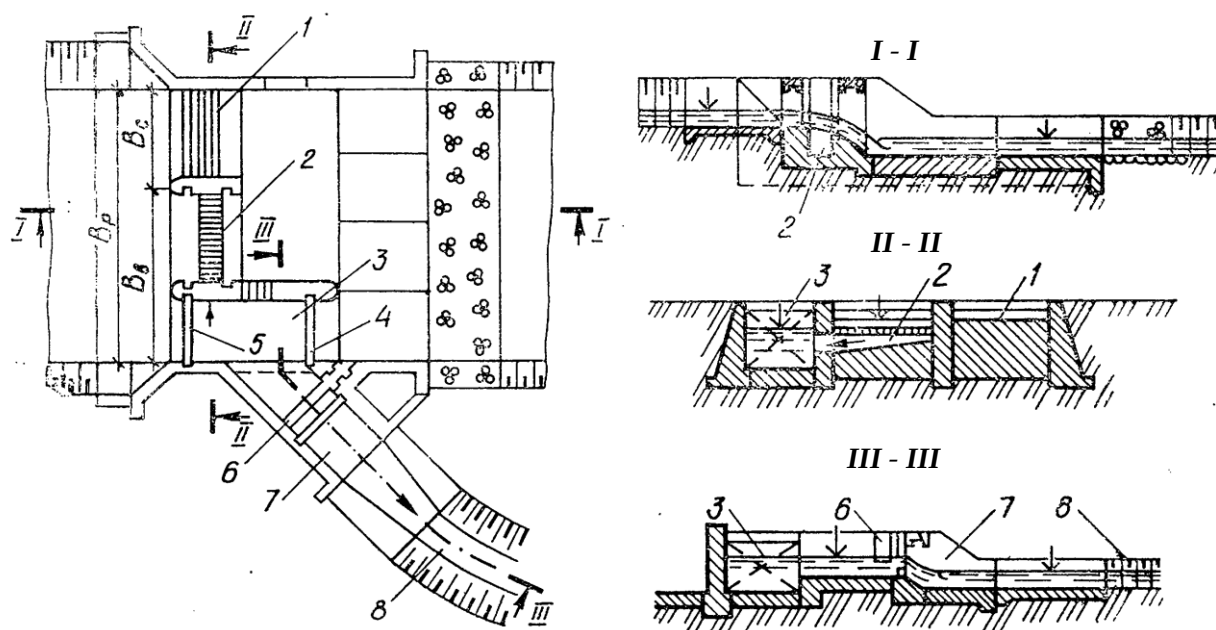
из которой она попадает в промывную камеру и далее через водоприемник в канал. Промывная камера имеет нижние и верхние затворы, которые позволяют промывать отложившиеся в камере наносы в нижний бьеф плотины и, в случае необходимости забирать воду в канал, минуя водоприемную галерею. В первом случае верхний и нижний затворы открыты, а затвор водоприемника канала закрыт. Во втором случае верхний затвор камеры и водоприемника канала открыты, а нижний затвор камеры закрыт.

В зависимости от соотношения ширины водозаборной части гидроузла B_v и ширины реки при расчетном паводке возможны три типа компоновки гидроузла [8, 9]:

1) водозаборная часть B_v равна ширине русла реки B_p ;

2) водозаборная часть B_v составляет лишь часть ширины русла реки B_p и тогда устраивается водосбросная часть плотины шириной B_c ;

3) водозаборная и водосбросная плотины составляют лишь часть суммарной ширины русла реки и затапливаемой поймы, что вызывает необходимость возведения глухой плотины из грунтовых материалов.



1 - водосбросная плотина; 2 - донная галерея, перекрытая решеткой; 3 - промывная камера; 4, 5 - нижний и верхний затворы промывной камеры; 6 - шугосброс; 7 - водоприемник; 8 - канал.

Рисунок 50 - Донно-решетчатый водозабор с промывной камерой

Боковой водозабор является одним из наиболее распространенных типов водозаборных сооружений, так как имеет сравнительно простую конструкцию и может применяться на всех участках при одностороннем и двустороннем отводе воды. Однако наиболее часто он применяется на предгорных и равнинных участках рек, где условия для его применения наиболее благоприятные [3].

Отвод воды в боковом водозаборе осуществляется под некоторым углом к течению реки через открытые водоприемники, к которым примыкает водосбросная плотина с низким порогом.

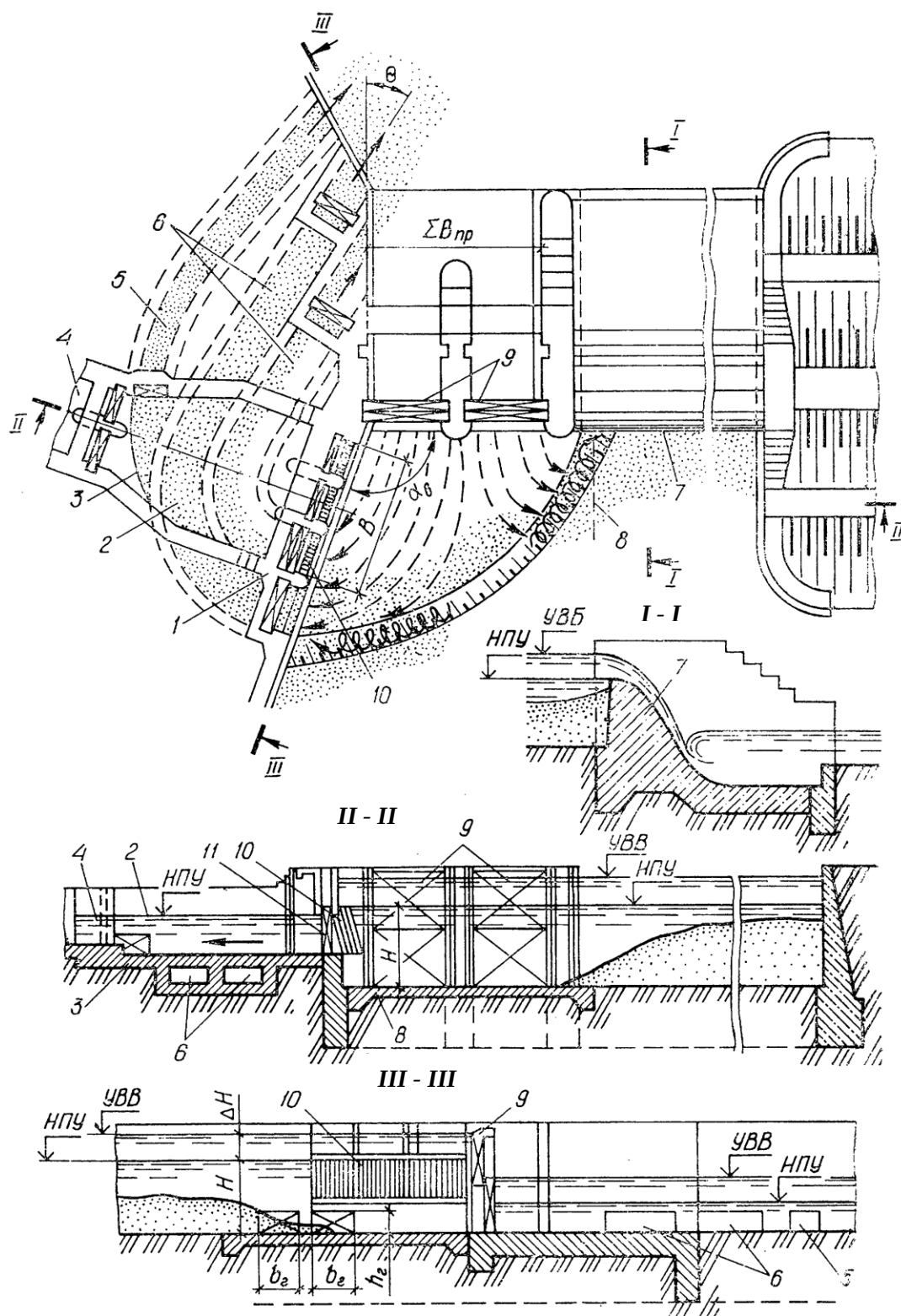
Недостатком такого водозабора является захват в водоприемник большого количества наносов, которое существенно превышает долю отводимого в канал расхода реки. Это является следствием возникновения циркуляционного течения при боковом отводе воды, в результате которого водоприемник питается преимущественно из донных слоев речного потока, наиболее насыщенных наносами.

Уменьшение захвата крупных фракций наносов при боковом водозаборе достигается введением в его конструкцию ряда дополнительных устройств: входных порогов, донных промывных галерей, выносных полков, наносозащитных козырьков, искусственных криволинейных подводящих русел и пр.

Наиболее перспективными являются боковые водозаборы, в которых для борьбы с наносами используется поперечная циркуляция, возникающая или искусственно создаваемая перед боковыми водоприемниками. Наиболее характерными боковыми водозаборами, основанными на использовании поперечной циркуляции, являются водозаборы с наносоперехватывающими галереями системы (рисунок 51).

Плотина состоит из глухой и водосбросной частей. Последняя, в свою очередь, состоит из водосливной плотины без затворов или с затворами на гребне и промывных отверстий с низким порогом и затворами.

К промывным отверстиям плотины примыкает водоприемник. В его пороге устраиваются наносоперехватывающие галереи, входные отверстия которых размещены выше и ниже верхней стенки водоприемника в зоне концентрации донных наносов.



1 - водоприемник; 2 - аванкамера; 3 - криволинейный порог; 4 - канал;
 5 - промывник аванкамеры; 6 - наносоперехватывающие галереи; 7 - водосбросная
 плотина; 8 - понур; 9 - двойные затворы промывных отверстий плотины; 10 - решетка
 водоприемника; 11 - затворы водоприемника.

Рисунок 51 - Боковой водозабор с наносоперехватывающими галереями

Непосредственно за водоприемником может располагаться пескогравиеловка в виде криволинейного порога, в конце которого устраивается промывное отверстие с затвором.

На входе в водоприемник и в конце пескогравиеловки на входе в канал также устанавливаются затворы. Перед затворами водоприемника устанавливаются мусороудерживающие решетки.

Принцип действия водозабора основан на использовании циркуляционного течения, возникающего в результате изгиба струй при повороте потока в боковой отвод. При этом в районе верхней стенки водоприемника в потоке возникает зона с пониженным давлением, куда устремляются донные струи и влекаемые ими наносы. Расположенные здесь наносоперехватывающие галереи, работая непрерывно или периодически, отводят поступающие наносы в нижний бьеф [6, 7].

Промывные отверстия водосбросной плотины в нормальных условиях эксплуатации рекомендуется держать закрытыми. В этом случае при натекании на них речного потока возбуждается циркуляционное течение, при котором возникают обратные донные струи, отжимающие основную массу донных наносов от входа в водоприемник.

Интенсивные циркуляционные течения, возникающие перед водоприемником, обеспечивая отвод основной массы донных наносов в наносоперехватывающие галереи, в то же время вызывают взмучивание части донных наносов, которые во взвешенном состоянии могут проникать в водоприемник. Прошедшие в водоприемник наносы перехватываются пескогравиеловкой и отводятся в нижний бьеф, чем достигается высокая степень осветления воды, забираемой в канал.

Водозабор с наносоперехватывающими галереями рекомендуется применять на горных и предгорных участках рек для забора в канал расхода воды от 5 до 150 м³/с при глубине потока перед фронтом водозабора $H = 2-8$ м.

Отметка нормального подпорного уровня в верхнем бьефе должна обеспечивать отвод расчетного расхода воды в канал и получение необходимых промывных скоростей в галереях (4-7 м/с).

Пролеты промывных отверстий водосбросной плотины открывают при пропуске максимальных расходов воды в реке, при промыве отложившихся в верхнем бьефе наносов и при пропуске льда и шуги. С этой целью они оборудуются сдвоенными затворами, допускающими поверхностный перелив

воды.

При больших относительных отводах воды в канал (50—80 %) порог промывных отверстий плотины располагается на 1-1,5 м выше уровня среднего бытового дна реки, что уменьшает опасность его завала наносами со стороны нижнего бьефа.

Затворы промывных отверстий плотины для увеличения интенсивности благоприятного циркуляционного течения рекомендуется располагать ближе к водоприемнику в створе, где обычно располагаются шандорные заграждения, которые в данном случае располагаются ниже рабочих затворов.

Ширина всех отверстий водосбросной плотины устанавливается гидравлическим расчетом и должна обеспечивать пропуск расчетных максимальных расходов воды при расчетных уровнях верхнего бьефа.

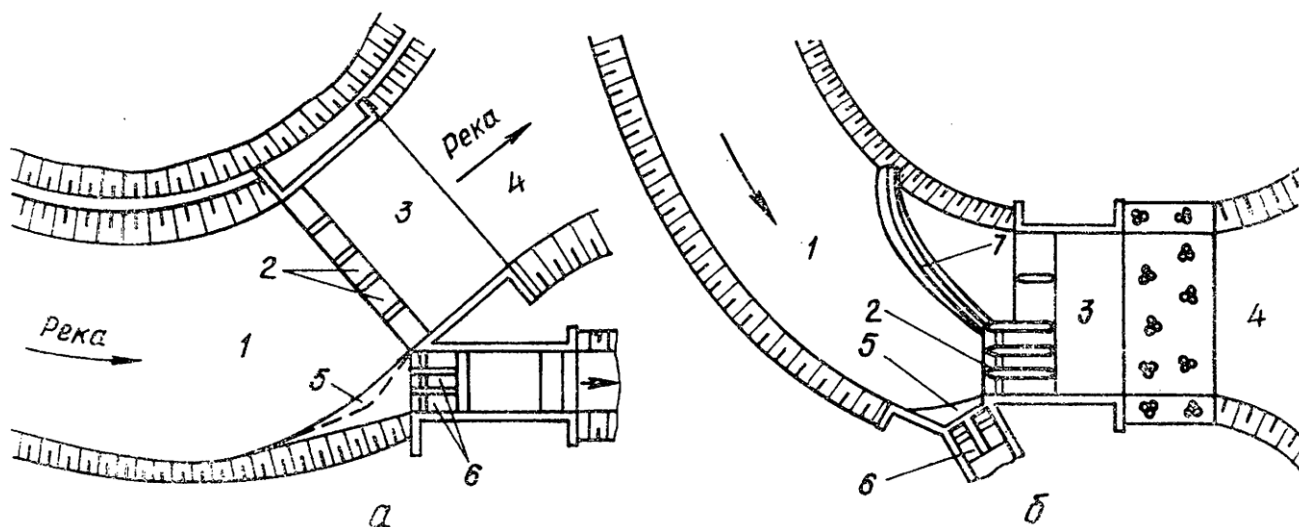
Водосливная поверхность промывных отверстий плотины и внутренние поверхности галерей облицовываются материалом, устойчивым против истирания наносами — твердыми породами камня, стальными листами, чугунными плитами и пр.

В качестве бокового водозабора, применяется *ферганский водозабор* преимущественно на предгорных участках рек, но может применяться и на равнинных участках. В состав сооружений водозаборного гидроузла входят криволинейное подводящее русло реки устойчивой ширины, водоприемник, водосбросная плотина с низким порогом и отводящее русло (рисунок 52) [8].

Водоприемник устраивают на вогнутом берегу. На входе в водоприемник устраивается входной порог, которому рекомендуется придавать в поперечном сечении Г-образное очертание.

В результате поперечной циркуляции, возникающей в криволинейном подводящем русле, поверхностные осветленные струи потока устремляются к вогнутому берегу и отводятся оттуда в водоприемник, а донные струи и транспортируемые ими наносы направляются к выпуклому берегу и перемещаются вдоль него в пролеты водосбросной плотины.

При значительных колебаниях расходов воды в подводящем русле в состав сооружений гидроузла дополнительно включают боковой автоматический водослив с гребнем на отметке НПУ, примыкающий к водосбросной плотине (рисунок 52).



а - без бокового водосброса; б - с боковым автоматическим водосбросом;
 1 - криволинейное подводящее русло; 2 - водосбросная плотина; 3 - водобой;
 4 - отводящее русло; 5 - Г-образный порог; 6 - водоприемник; 7 - криволинейный
 автоматический водосброс.

Рисунок 52 - Ферганский водозабор (по Гришину, 1979)

Благодаря устройству бокового водослива ширину русла у водозабора можно уменьшить, что позволяет сохранить пропускную способность русла в паводок и увеличить интенсивность благоприятной циркуляции в потоке в период межени.

Размеры криволинейного подводящего русла, водосбросных сооружений и водоприемника устанавливаются гидравлическим расчетом.

Успешная борьба с донными наносами в Ферганском водозаборе обеспечивается при коэффициенте водозабора 0,6—0,7. При более высоких значениях коэффициента водозабора для борьбы с наносами применяются дополнительные устройства (наносоперехватывающие галереи, наносотбойные стенки и т. д.) или допускается аккумуляция наносов в верхнем бьефе с последующей их промывкой через водосбросную плотину при возрастании промывных расходов.

При двустороннем отводе воды в Ферганском водозаборе вследствие специфики его устройства вода на другой берег может подаваться дюкером, который часто устраивается в фундаментной плите водосбросной плотины.

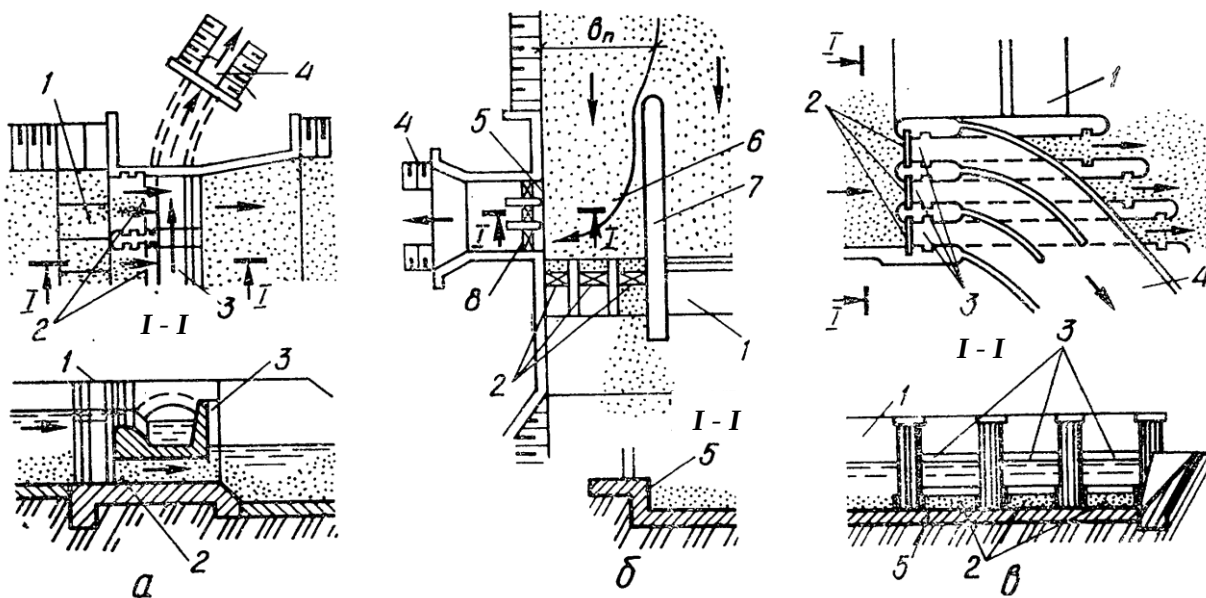
Фронтальные водозаборы характеризуются фронтальным расположением отвода воды по отношению к оси речного потока. Они

применяются на предгорных и равнинных участках рек при одностороннем и двустороннем водозаборе [13].

Могут быть две принципиальные схемы фронтальных водозаборов: основанные на вертикальном расслоении потока и на использовании искусственно создаваемой поперечной циркуляции.

В состав фронтальных водозаборов, основанных на вертикальном расслоении потока, входят устойчивое прямолинейное подводящее русло, устройство для отвода воды и борьбы с наносами, водосбросная плотина с низким порогом, отводящее русло.

Существует много разновидностей таких водозаборов (рисунок 53). При отводе небольших расходов воды применяется лотковый водозабор, в котором осветленные слои потока отводятся в лоток, расположенный между быками водосбросной плотины, и дальше в канал, а донные слои потока, насыщенные наносами, проходят в нижний бьеф через отверстия под лотком [8, 9].



а - лотковый; б - с промывными карманами; в - двухъярусный; 1 - плотина; 2 - промывные отверстия; 3 - железобетонный лоток; 4 - магистральный канал; 5 - входной порог; 6 - карман; 7 - разделительная стенка; 8 - водоприемник.

Рисунок 53 - Типы фронтальных водозаборов (по Гришину, 1979)

На предгорных участках рек при небольших коэффициентах водозабора применяются водозаборы с промывными карманами, в которых осаждающиеся наносы периодически промываются в нижний бьеф через

промывные отверстия. Вода в канал отводится через водоприемник с входным порогом, примыкающий к промывным отверстиям. В водозаборе с промывным карманом происходит взмучивание донных наносов при резких изгибах потока на входе в карман и в водоприемник, и они во взвешенном состоянии проникают в канал.

Фронтальный двусторонний водозабор с боковыми наносоперехватывающими галереями (рисунок 54) основан на том же принципе, что и боковой водозабор с наносоперехватывающими галереями и имеет с ним много общих конструктивных элементов. Их отличие заключается в устройстве фронтального промывного кармана, в разделительной стенке которого располагаются водоприемные отверстия и наносоперехватывающие галереи, симметричные аналогичным береговым элементам [8].

На другой берег вода подается дюкером, расположенным в теле водосливной плотины или перед ней.

В результате строго бокового отвода воды в водоприемники и натекания потока на затворы промывных отверстий кармана в нем возникают интенсивные циркуляционные течения, которыми донные наносы направляются в лево- и правосторонние наносоперехватывающие галереи.

Донные наносы, прошедшие во взмученном состоянии в водоприемники, перехватываются пескогравиеловками, расположенными на обоих берегах перед входом в каналы.

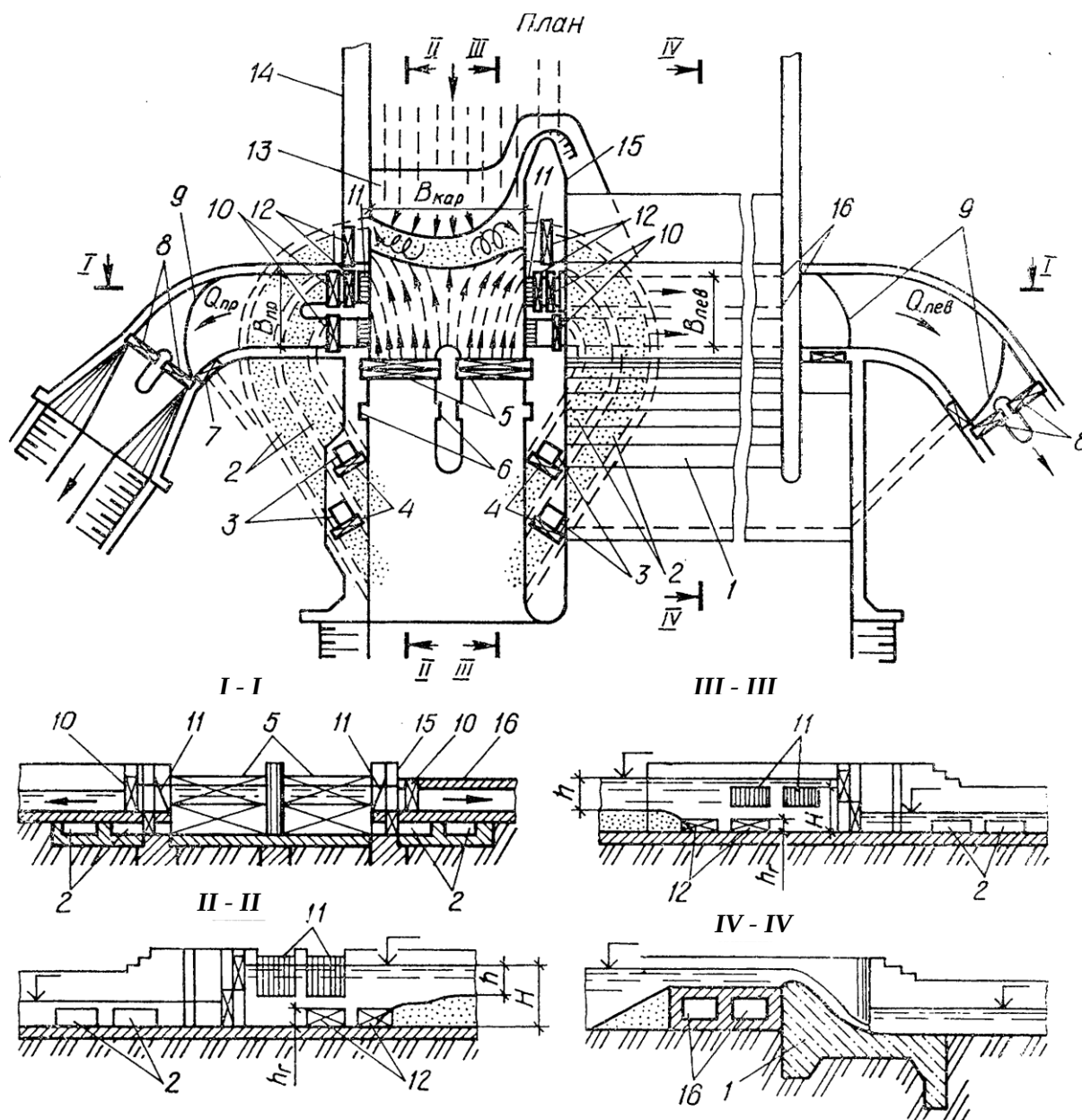
Скорость течения в водоприемниках принимается либо равной скорости в кармане, либо несколько меньше (1,5-2 м/с).

Фронтальный водозабор с криволинейным карманом рекомендуется для применения на предгорных участках рек при одностороннем и двустороннем отводе воды при коэффициентах водозабора до 0,9.

Он состоит из водосбросной плотины с низким порогом, расположенной под углом 25-40° к основному направлению речного потока в верхнем бьефе, и фронтального криволинейного кармана с порогом на входе.

После горизонтального входного участка дно кармана понижается до отметки понура. Это понижение выполняется в виде виража, имеющего поперечный уклон в сторону выпуклого берега.

В конце виража устраивается радиально расположенный вертикальный донный уступ переменной высоты. В месте пересечения линии донного уступа с выпуклым берегом располагается отверстие промывной галереи.



1 - водосливная плотина; 2 - наносоперехватывающие галереи; 3 - смотровые колодцы галерей; 4 - затворы в конце галерей; 5 - двоянные затворы промывных отверстий кармана; 6 - пазы для шандор; 7 - затвор промывника; 8 - затворы магистральных каналов; 9 - криволинейные пороги; 10 - затворы водоприемника; 11 - съемные решетки; 12 - затворы входных отверстий галерей; 13 - карман; 14 - струенаправляющая стенка; 15 - разделительная стенка; 16 - водопроводящие дюкеры.

Рисунок 54 - Фронтальный двусторонний водозабор с наносоперехватывающими галереями (по Гришину, 1979)

Ниже закругления кармана на продолжении вогнутой стенки, а при двустороннем водозаборе и на продолжении выпуклой стенки располагаются

водоприемники с входными порогами. Перед водоприемником на продолжении выпуклой стенки устраивается небольшой выносной полук.

Криволинейный карман заканчивается двумя промывными отверстиями, разделенными быком.

Входные отверстия промывной галереи, водоприемников и промывного устройства оборудуются затворами. В промывных отверстиях устанавливаются сдвоенные затворы, а перед затворами водоприемников — мусороудерживающие решетки.

Принцип действия водозабора основан на искусственном создании благоприятных для борьбы с наносами циркуляционных течений, как в криволинейном кармане, так и на подходе к нему. Такая циркуляция возникает перед входом в карман вследствие его фронтального расположения по отношению к речному потоку при удельных расходах в реке, превышающих удельные расходы воды в кармане, и усиливается боковым сбросом воды через плотину.

Порог на входе в карман выполняет роль дополнительной преграды для крупных донных наносов, уменьшая их поступление в карман.

Прошедшие в карман донные наносы циркуляционным течением на закруглении кармана транспортируются к входному отверстию промывной галереи у выпуклой стенки.

Конфигурация дна кармана в виде виража усиливает благоприятную поперечную циркуляцию, а устройство донного уступа в конце виража и возникающее за ним винтовое течение в сторону входного отверстия промывной галереи фиксируют место отвода наносов и гарантируют их перехват.

Ниже закругления кармана осветленная от донных наносов вода поступает в водоприемник ниже вогнутой стенки, а при двустороннем водозаборе и в симметрично расположенный водоприемник ниже выпуклой стенки. На другой берег реки вода подается по открытому железобетонному лотку, расположенному на продолжении быков водосбросной плотины.

Промывные отверстия в конце кармана выполняют вспомогательную роль, которая состоит в промывке кармана при выходе из строя промывной галереи, защите водоприемника от мусора и шуги путем поверхностного сброса воды в нижний бьеф через сдвоенные затворы.

Основные размеры фронтального водозабора с криволинейным

карманом устанавливаются гидравлическим расчетом.

Водозабор обладает высокими противонасосными свойствами при значениях коэффициента водозабора до 0,9, хорошо приспособлен для борьбы с плавником и шугой, не требует регулирования подводящего русла, так как благоприятное циркуляционное течение создается в криволинейном кармане и лишь в той части речного потока, которая подлежит осветлению. Схема маневрирования затворами плотины остается неизменной при всех направлениях потока в верхнем бьефе (по мере нарастания паводка подъем затворов всегда начинается с пролетов, примыкающих к входу в карман), что облегчает эксплуатацию и автоматизацию работы затворов.

Открытый шлюз-регулятор представляет собой лоток прямоугольного сечения со стенками из Г-образных железобетонных блоков и монолитным днищем на бетонной подготовке. Входную и выходную части сооружения выполняют в виде ныряющих стенок, сопрягающихся с откосами плотины или канала с помощью крепления из железобетонных плит или каменной отмостки. Расход регулируют с помощью плоских металлических затворов с винтовыми подъемниками [20].

Шлюзы-регуляторы открытого типа используются для различных целей: на водосбросных трактах водохранилищных плотин в качестве головных сооружений; в рыбоводном хозяйстве в качестве водопропускных сооружений; как водозаборные сооружения при бесплотинном и плотинном водозаборах из источников с незначительными перепадами уровней и в случае незначительных колебаний уровня перед регулятором; как подпорные или перегораживающие сооружения на каналах для создания необходимых глубин при водозаборе; как вододелители для распределения воды между отдельными потребителями; в качестве водовыпусков в каналы младшего порядка; для пропуска плавающих тел, льда, шуги и т. д.

Открытые регуляторы удобны в эксплуатации, что особенно важно для каналов, работающих круглый год, в условиях шуговых, ледовых явлений.

В конструктивном отношении в шлюзе-регуляторе (ШР) выделяют три составные части, отделяемые друг от друга деформационными швами: верховой сопрягающий участок, среднюю часть и низовой сопрягающий участок. *Верховой сопрягающий участок* включает в себя продольные береговые стенки и плиту понура и служит для сопряжения с каналом, используется обычно при переходе от большей ширины подводящего канала

сооружения к меньшей.

Средняя, основная часть сооружения представляет собой лоток прямоугольного, иногда трапецеидального сечения. В пределах лотка размещаются бычки, пазовые конструкции, затворы, служебные мостики и проезжие мосты. *Низовой сопрягающий участок* служит продолжением средней части сооружения и используется для сопряжения с отводящим каналом и размещения на флютбете гасителей энергии. За низовым сопрягающим участком следует *рисберма* - водопроницаемая часть флютбета.

Примыкание отдельных частей шлюза-регулятора друг к другу, а также к каналам взаимоувязывается с целью обеспечения благоприятных гидравлических условий протекания потока. На каналах осушительно-оросительных систем применяют в основном схемы шлюзов-регуляторов без верхового и низового сопрягающих участков.

Диафрагмовые шлюзы-регуляторы - это разновидность открытых шлюзов-регуляторов, в которых по линии основных затворов имеется *стенка-диафрагма* (забральная железобетонная стенка), нижнее ребро которой расположено несколько выше расчетного уровня воды в отводящем канале. Образующееся отверстие между диафрагмой и порогом шлюза-регулятора перекрывается затвором [8, 13].

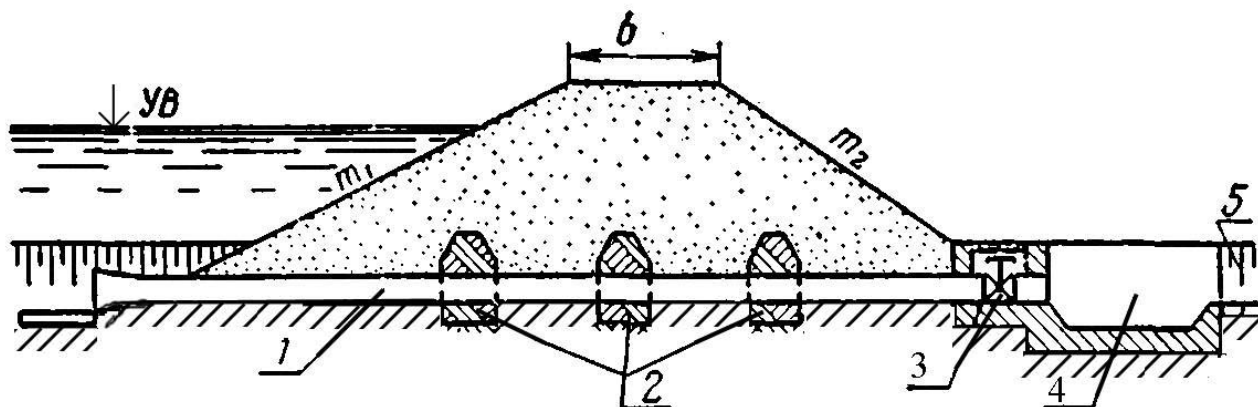
Диафрагма представляет собой стенку прямолинейного или криволинейного очертания, заделанную в устои и быки. Нижнее ребро диафрагмы усиливают балкой жесткости, располагая ее со стороны нижнего бьефа.

Диафрагмовые шлюзы-регуляторы применяют при значительной разности уровней воды верхнего и нижнего бьефов. Наличие диафрагмы позволяет сократить высоту затворов, что дает снижение стоимости строительства сооружения и экономию при его эксплуатации.

Поверхностный водозабор по типу шлюза-регулятора целесообразно устраивать в плотинах высотой до 5 м, используя шлюзы-регуляторы. Такие водозаборы часто применяют в прудовом рыбном хозяйстве для выпуска воды из небольших водохранилищ в магистральные каналы при расходах не свыше 0,3-0,5 м³/с. Водозабор по типу шлюза-регулятора врезают в пределах плотины, располагая его подошву на коренных породах. Особенность шлюзов-регуляторов заключается в подходных и отводящих участках, стенки которых выполняют ныряющими с заложением, соответствующим заложению

откосов плотины. Водозабор можно расположить и вне плотины, на берегу.

Водозабор по типу напорных труб с затвором на выходе представляет собой трубу, уложенную под телом плотины на материковый грунт (рисунок 55).



1 – труба; 2 – диафрагма; 3 – затвор; 4 – водобойный колодец; 5 – отводящий канал

Рисунок 55 - Водозабор с затвором на выходе напорной трубы

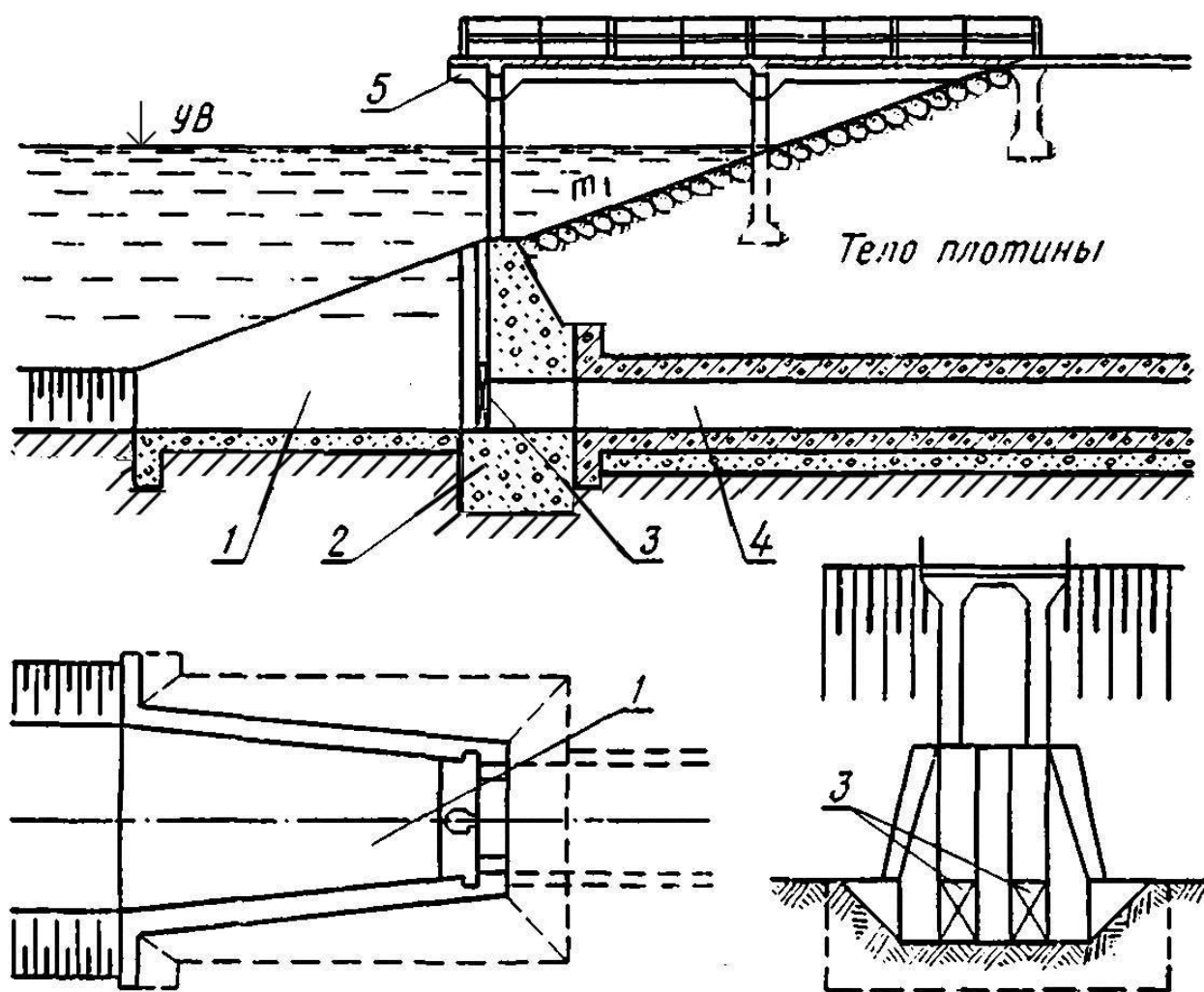
Чаще применяют металлические, железобетонные, а также асбестоцементные трубы заводского изготовления. Затвор типа задвижки размещают на выходном конце трубы.

Водозабор работает в напорном режиме. Для гашения энергии за выходным сечением трубы устраивают водобойный колодец или гаситель другого типа. По длине трубы устраивают несколько диафрагм, препятствующих фильтрации воды по стыку грунта с трубой.

Водозабор по типу безнапорных труб с затворами на входе. Установка затворов во входной части трубы (рисунок 56) улучшает эксплуатацию водозабора.

Расход воды регулируют затворами, которые размещают во входном оголовке водозабора. Управляют затворами со служебного мостика, поддерживаемого стойками, которые опираются на бетонный оголовок. Такие водозаборы применимы при сработке уровня воды в водохранилище до 7 м [8].

Трубы водозабора укладывают на материковый грунт. При повышенных расходах водозабора применяют две-три нитки труб с общим входным и выходным оголовком. Гашение энергии происходит чаще в водобойном колодце, вплотную примыкающем к выходному оголовку.



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

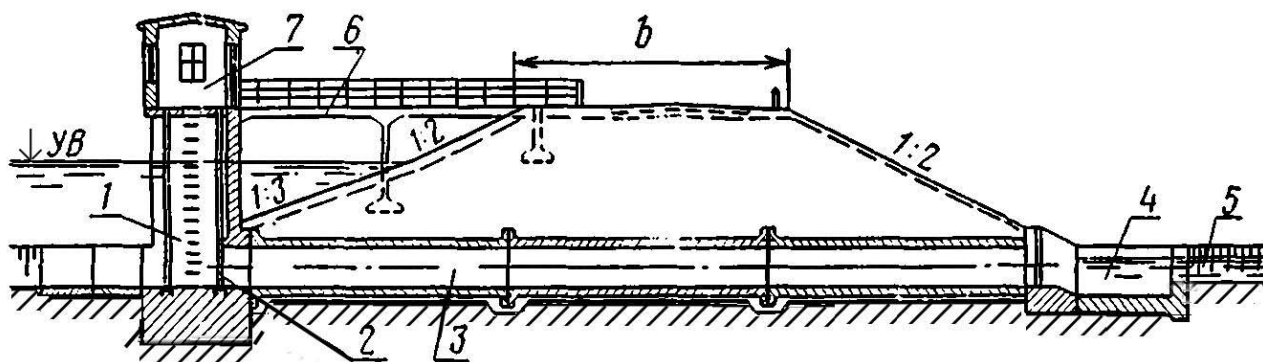
Рисунок 56 - Водозабор по типу безнапорных труб (по Гришину, 1979)

Башенные водозаборы - наиболее распространенные водозаборы в грунтовых плотинах III—IV классов. Основные части башенного водозабора (рисунок 57): подходной участок в виде напорного водовода (трубы) или открытого канала; башня; отводящий безнапорный водовод; гасители энергии; служебный мостик; шатер (надстройка над башней).

Башня может занимать три характерных положения: у подошвы верхового откоса, примерно посреди него и у бровки гребня плотины. Наряду с этим она может быть и в любом промежуточном положении.

В башенных водозаборах применяют плоские затворы, пазы для них размещают в бетонных приливах, устраиваемых с внутренней стороны башни.

Подвижная часть затвора шарнирно соединена с металлической штангой, обеспечивающей через лебедку подъем и опускание затвора. Штанга по высоте имеет направляющие, заанкеренные в стенку, благодаря им исключается продольный изгиб штанги. Сечение башни может быть круглое, квадратное и прямоугольное.



1 – башня; 2 – затворы в башне; 3 – безнапорная труба; 4 – водобойный колодец; 5 – отводящий канал; 6 – служебный мостик; 7 – шатер – надстройка над башней.

Рисунок 57 - Башенный водозабор (по Мамонтовой, 2012)

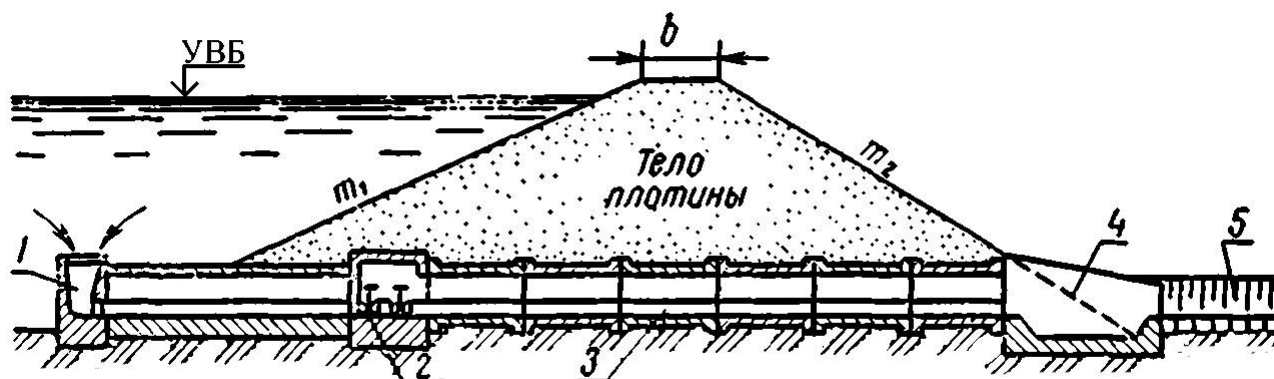
Башня на уровне гребня плотины перекрывается плитой, при плановых размерах башни больше 3-4 м применяют ребристое перекрытие.

Выше плиты над башней выполняют надстройку (шатер), используемую как служебное помещение, в котором расположены механизмы управления затворами. В плите перекрытия предусматривают люк, а по стенке башни ставят скобы для спуска к затворам. Служебное помещение связано с гребнем плотины или берегом служебным мостиком.

Отводящий водовод чаще выполняют в виде трубы прямоугольного сечения. При заборе из водохранилища больших расходов воды применяют многоочковые трубы, причем каждое отверстие перекрывают самостоятельным затвором, размещаемым в башне. Режим потока в отводящем водоводе принимают безнапорным при скорости 2-4 м/с. Высоту трубы по эксплуатационным условиям задают не менее 1,4 м, а ширину не менее 0,8 м, даже если по расчету для пропуска потока воды требуются меньшие размеры. За выходным сечением трубы применяют устройства для гашения энергии, чаще водобойный колодец.

Безбашенные водозаборы. С увеличением высоты плотин переходят к

безбашенным водозаборами (рисунок 58), так как выполнять и эксплуатировать башенные водозаборы становится трудно.



1 - приемный колодец, покрытый решеткой; 2 - камера управления с размещенными в ней затворами; 3 - безнапорная труба; 4 - водобойный колодец; 5 - отводящий канал.

Рисунок 58 - Безбашенный водозабор (по Мамонтовой, 2012)

Составными частями безбашенных водозаборов служат:

- приемный колодец;
- галерея, примыкающая к колодцу и отделенная от него диафрагмой;
- камера управления;
- напорные водоводы, проложенные в галерее.

Входные участки напорных труб пропускают через *диафрагму* - железобетонную водонепроницаемую стенку. Входные отверстия труб располагают в колодце ниже решеток не менее чем на 0,5 м.

Камеры управления, в которых размещаются затворы и подъемные механизмы, располагают обычно вблизи диафрагмы, но допускается размещать их в любом месте по длине галереи. Вода из напорных труб выпускается в *водобойный колодец*, где и происходит гашение энергии.

Целесообразно на выходном участке труб перед водобойным колодцем дополнительно установить затворы для текущего маневрирования.

Разновидностью безбашенных водозаборов будут *туннельные*, в которых приемная часть расположена на берегу водохранилища, а отводящей частью служит туннель. Затворы в туннельных водозаборах размещают в шахтах, верх которых расположен выше уровня воды в водохранилище. Туннельные водозаборы применяют в гидроузлах на скальном основании.

9.1 Гидротехнические сооружения при водоснабжении с механическим подъемом воды

Механическим подъемом воды называют подачу воды из водоема на необходимую высоту с помощью насосов. Водоснабжение с механическим подъемом воды применяют как на рыбоводных заводах, так и в прудовых хозяйствах.

При механическом подъеме воды первоначальные затраты на устройство сооружений значительно меньше, чем при постройке водохранилища, но эксплуатация установки обходится дороже вследствие расходов на содержание обслуживающего персонала, ремонт оборудования.

Источником водоснабжения при механической подаче воды могут быть реки, водохранилища и артезианские скважины. В состав сооружений при механическом подъеме воды из открытого источника входят [5]:

- устройство для забора воды из реки или водохранилища, называемое водозабором с рыбозащитным устройством;
- сооружения для транспортировки воды от водозабора до насосной станции;
- каналы или трубопроводы;
- водоприемное сооружение для подвода воды к всасывающим трубам насоса;
- здание насосной станции;
- напорный трубопровод;
- водовыпускное сооружение в виде напорного бассейна, который является головной частью магистрального канала и располагается на отметке, обеспечивающей самотечную подачу воды к пунктам потребления.

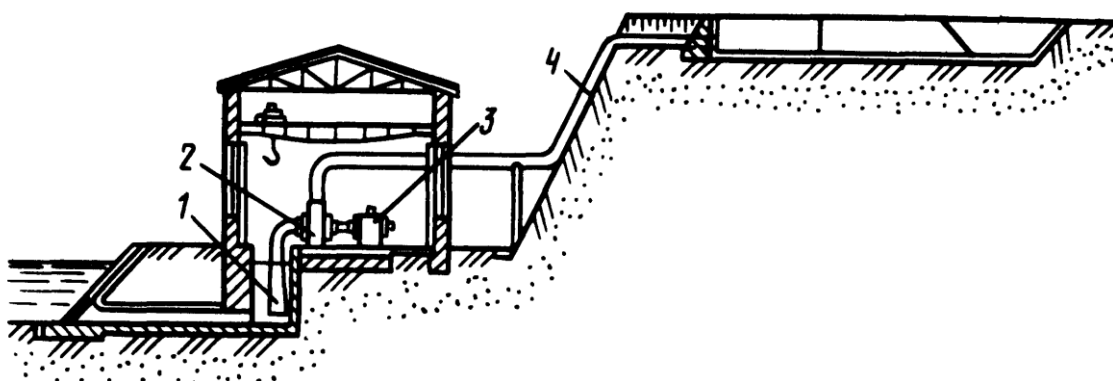
При заборе воды из водохранилища применяют совмещенный и раздельный тип водозабора с расположением со стороны верхнего бьефа, раздельный (в нижнем бьефе) и совмещенный (в теле плотины).

Для забора напорных подземных вод на глубине более 10 м широко применяют трубчатые колодцы путем бурения скважин, закрепляемых обсадными трубами.

При неглубоком залегании уровня подземных вод воду из трубчатых колодцев отводят в сборный бассейн с помощью самотечных или сифонных трубопроводов, откуда ее откачивают насосами.

При самоизлипании воды из колодцев она собирается самотеком в сборном бассейне, из которого подается на необходимую высоту с помощью насосов. Насосные станции при механическом подъеме воды бывают стационарные и передвижные. Для механического водоснабжения рыбоводных хозяйств и рыбоводных заводов чаще применяют стационарные насосные станции.

Насосная станция стационарного типа (рисунок 59) - это здание, в котором размещают двигатели, насосы и необходимое оборудование [3].



1 - всасывающий трубопровод; 2 - насос; 3 - электродвигатель;
4 - напорный трубопровод.

Рисунок 59 - Водозабор с механическим подъемом воды со стационарной насосной станцией

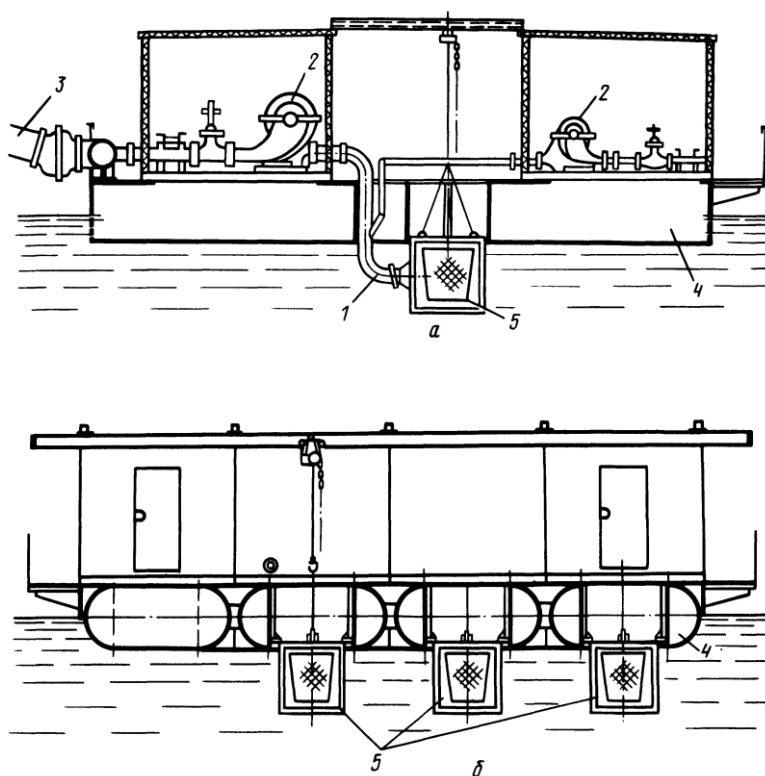
Передвижные насосные станции изготавливают на заводах серийно. Они могут быть с электродвигателями или с двигателями внутреннего сгорания. В зависимости от конструкции и способа передвижения различают следующие виды передвижных насосных станций: сухопутные насосные станции с собственным двигателем прицепные; сухопутные насосные станции, приводимые в действие трактором (этот же трактор перемещает станцию к месту работы); плавучие насосные станции: самоходные и несамоходные. Передвижные насосные станции применяют для наполнения небольших рыбоводных прудов [20].

Плавучие насосные станции (рисунок 60, 61) применяют для забора воды из рек с большими колебаниями уровней воды, с высокими берегами, а также для забора воды в некоторые периоды года. Насосные агрегаты и двигатели

станции установлены на барже или понтоне.



Рисунок 60 - Плавучая насосная станция.



а - продольный разрез; б - вид спереди; 1 - всасывающий трубопровод; 2 - насосы;
3 - напорный трубопровод; 4 - понтон; 5 - рыбозащитные устройства.

Рисунок 61 - Понтонная блочно-комплектная насосная станция типа ПБКНС-301
(разработана Южгипроводхозом)

Станцию подводят к месту водозабора на буксире, нагнетающую трубу насоса присоединяют к напорному трубопроводу, составленному из отдельных звеньев и подающему воду или в распределительный бассейн, или непосредственно в пруд.

10 Водоподающая система

10.1 Водоподающие каналы

Основным элементом водоподающей системы является **магистральный канал**. Канал проводит воду к прудам. При схеме хозяйства с двусторонним расположением прудов - устраивают два магистральных канала по двум сторонам поймы реки и в начале каждого магистрального канала строят водозаборное сооружение. Для подвода воды к отдельным прудам (группам прудов) предусматривают ответвления [3, 7].

Формы живого сечения каналов могут быть различными, например земляные каналы имеют трапецеидальное поперечное сечение.

Нижнее основание трапеции называется дном канала, ширина этого основания b - шириной канала по дну. Глубиной канала называется расстояние по вертикали от поверхности земли до дна – h_1 глубиной воды в канале h - расстояние от поверхности воды до дна. Линия пересечения поверхности земли с плоскостью откоса канала называется верхней бровкой. Уровень воды в канале должен быть на 0,2-0,5 м ниже верхних бровок.

Откосы канала имеют неодинаковые уклоны, величина которых зависит от рода грунта. Уклоном откоса называется отношение глубины канала h_1 к заложению откоса d (проекция откоса на горизонтальную плоскость).

При $d = 0,5h_1$ откосы называются половинными и на чертеже обозначаются 1:0,5, при $d = 1h_1$ откосы называются одиночными (1:1), при $d = 1,5h_1$ - полуторными (1:1,5), при $d = 2h_1$ - двойными (1:2).

Крутизна откоса обозначается отношением 1: m , где m - коэффициент заложения откоса.

Расположение канала зависит от рельефа местности и от соотношения отметок уровня воды в канале и поверхности земли. Если отметка уровня воды в канале ниже отметки поверхности земли, каналы делают в выемке, если выше - в насыпи. Расположение канала в выемке уменьшает потери на фильтрацию и стоимость строительства. При расположении канала на крутом косогоре его делают в полувыемке-полунасыпи.

При проектировании каналов в земляном русле допускаются небольшие скорости (0,5-1,5 м/с), при которых каналам придаются малые уклоны, и грунт

не размывается.

При проектировании каналов определяют: глубину воды в канале, ширину по дну, уклон канала, скорость течения воды. Величины этих элементов выбирают так, чтобы русло канала не подвергалось размыву, не заилялось, чтобы не было больших потерь на фильтрацию и обеспечивалась максимальная пропускная способность канала. Величины неразмывающих скоростей различны и зависят от грунтов и рода крепления откосов и дна.

Для борьбы с фильтрацией воды из водоподающих каналов применяют экраны из суглинка и глин, экраны из полимерных пленок, кольматаж, механическое уплотнение, облицовку канала бетонной, железобетонной и асфальтобитумной одеждой. Выбор противофильтрационного устройства зависит от рельефа местности, физико-механических свойств грунта, гидрогеологических условий и наличия местных строительных материалов, пригодных для уменьшения фильтрации.

Экраны из глины или суглинка. Экраны из глины и суглинка покрывают защитным слоем из песчано-гравелистого грунта. На дно и откосы канала укладывается слой глины или суглинка. Толщина экранов из глины не менее 10-15 см, из суглинка - не менее 20-25 см [5, 11].

Экраны из полимерных пленок (полиэтиленовые и полихлорвиниловые пленки) применяют на каналах с пропускной способностью до 3 м³/с.

Пленку укладывают как непосредственно на откосы и дно каналов, так и с устройством защитного слоя из грунта для предохранения их от механического повреждения и от воздействия климатических факторов. Пленочные экраны с защитным слоем, так называемые погребенные экраны, устраивают трех типов: траншейный, периметрический и комбинированный.

При *траншейной схеме* по оси будущего канала роют траншею, на дно и откосы которой укладывают пленку и одновременно с укладкой экрана траншею засыпают грунтом, и в насыпанном грунте канавокопателем или экскаватором роют канал.

При *периметрической схеме* поперечное сечение канала делают больших размеров, чем расчетное, на глубину защитного слоя (в мягких грунтах) или на глубину защитного слоя и толщину слоя подготовки основания под экран (при гравелистых, галечных и щебенистых грунтах).

При *комбинированной схеме* укладывают пленочный экран с защитным

слоем грунта, а верхнюю часть откоса укрепляют железобетоном.

При строительстве каналов с пленочными экранами в супесчаных, песчаных и суглинистых грунтах дно и откосы канала выравнивают, остатки корней и другие предметы убирают и поверхность дна и откосов уплотняют.

При строительстве каналов в щебенистых, гравелистых или галечниковых грунтах поверхность дна и откосов выравнивают и делают подготовку из слоя мягкого грунта, прикрывающую все выступающие камни.

Экраны сваривают из отдельных полотнищ пленки, создавая полотнища нужных размеров. Полотнища на канале раскатывают вручную вдоль оси и затем растягивают по откосам вверх с закреплением его на бровках. Если в полевых условиях пленку сварить нельзя, то оба конца пленки (25-30 см) свертывают в трубку и присыпают защитным слоем грунта. В целях сохранности экран из пленки после укладки сразу же засыпают грунтом.

Кольматаж, или **кольматирование** - заполнение промежутков между частицами грунта дна и откосов канала наносами путем напуска в канал богатой ими воды. При кольматировании на участок канала, где обнаружена сильная фильтрация воды, впускают воду с растворенной в ней глиной и закрывают шлюзы или перегораживающие сооружения в начале и конце участка. При этом скорость воды уменьшается, и глинистые частички осаждаются на дно и стенки канала, закупоривая поры в грунте, что сильно уменьшает фильтрацию воды из канала [20].

Механическое уплотнение грунта - уплотнение откосов и дна канала укаткой или трамбованием резко снижает фильтрацию воды из каналов в неплотных суглинистых грунтах. Уплотнение грунта повторяют по мере его уменьшения.

Облицовка бетонной или железобетонной одеждой осуществляется сборными железобетонными плитами, сборными бетонными плитами и монолитным бетоном.

Крепление каналов монолитным бетоном применяют в устойчивых грунтах. Бетон укладывают на спланированную поверхность по слою песчано-гравийной подготовки (0,05 м). Расстояние между температурно-усадочными швами принимают 2-4 м. Без введения соответствующих добавок в бетон не следует применять крепление на оползневых участках, в засоленных грунтах, при агрессивных по отношению к бетону водах.

Асфальтобитумную одежду выполняют из смеси просушенного грунта

с битумом, укладываемой в пластичном состоянии на спланированную, очищенную от растительного покрова и разрыхленную на глубину 3 см поверхность. После укладки смесь разравнивают деревянными гладилками, уплотняют трамбовками или укатывают катками и посыпают тонким слоем песка.

Выбор типа противодиффузионного устройства основывается на технико-экономическом расчете.

10.2 Водоподающие лотки

Водоподающие лотки применяют вместо каналов в тех случаях, когда трасса канала проходит в насыпи, на участках канала со скальными грунтами, на косогорных участках с осыпными грунтами, на участках трассы с оползневыми или просадочными грунтами. Широкое применение находят раструбные железобетонные лотки глубиной 40, 50, 80 и 100 см.

Раструбные железобетонные лотки состоят из отдельных звеньев длиной 6 м. Один конец звена оканчивается раструбом, в который вставляется безраструбный конец другого звена. Для обеспечения водонепроницаемости в стыки звеньев укладывают прокладки из упругой резины или из круто свитого пенькового жгута, пропитанного битумом. Толщина стенок лотка 4,3-6,0 см. Лотки в зависимости от геологических условий располагают на свайных опорах, на стойках рамного типа или укладывают на грунт с устройством гравийно-песчаной подготовки или с применением железобетонной плиты [6].

10.3 Трубопроводы

Применение трубопроводов для транспортирования воды позволяет предотвратить фильтрационные потери воды и повысить коэффициент полезного действия водоснабжающей системы, что особенно важно при водоснабжении зимовальных прудов, бассейновых хозяйств в зимний период эксплуатации, а также при водоснабжении рыбоводных заводов. Трубопроводы используют и для водоснабжения летних прудов, когда это экономически целесообразно.

Из них монтируют различные гидротехнические сооружения - донные водоспуски, трубчатые водозаборы и водовыпуски, сифонные водоспуски и

т.д. [17].

В рыбоводных хозяйствах наиболее распространены асбестоцементные и железобетонные трубы, применяются бетонные и полиэтиленовые трубы, реже - каменно-керамические.

11 Переходные сооружения

К водопроводящим сооружениям, устраиваемым на водохозяйственных каналах, относятся: акведуки, дюкеры, лотки, селепроводы, трубы на каналах и под каналами, ливнеспуски и гидротехнические туннели. Наиболее сложные в конструктивном отношении переходные сооружения - акведуки и дюкеры.

Акведук (от лат. *aqua* - вода и *disco* - веду) - сооружение в виде моста, по верхней части которого прокладывают водопроводящий элемент - лоток или трубу. Акведуки целесообразно применять, когда препятствия находятся ниже канала (рисунок 62): при пересечении малых рек, балок, понижений местности глубиной до 20 м значительной длины, на каналах, где сокращение потерь напора имеет существенное значение [3, 19].



Рисунок 62 - Акведук Пон-дю-Гар, Франция

Акведуки выполняют из сборного, сборно-монолитного или монолитного железобетона, реже металлическими. Пролетное строение акведуков, как и мостов, бывает арочным, рамным, балочным и др (рисунок 63, 64).

Арочную конструкцию (рисунок 62) используют при строительстве акведука над узким и глубоким ущельем с прочными (скальными) берегами.

Акведуки *рамной конструкции* (рисунок 63) устраивают при переходах через широкие и неглубокие долины, поймы рек, каналы, дороги в неглубоких выемках. Они представляют собой одну или несколько двухконсольных рам с температурно-осадочными швами между ними. Верхний ригель такой рамы

представляет собой лоток акведука, а стойки служат его опорами.



Рисунок 63 - Акведук рамной конструкции.

Акведуки *балочной конструкции* применяют на участках каналов с понижением местности и дорогами, проходящими под каналами.

Акведук состоит из входной части, лотка и выходной части. Входная часть обеспечивает плавный переход от ширины канала к ширине лотка акведука. Этому же условию должна удовлетворять конструкция выходной части. Вход и выход сооружения устраивают в виде раструба, в плане, соответственно, сужающегося или расширяющегося, длиной не менее четырехкратной глубины воды в канале. В местах сопряжения входной и выходной частей с каналом устраивают *ныряющие стенки* или *косые плоскости* [20].



Рисунок 64 - Подвесной акведук

Перед входной частью у начала понура, а также в конце выходной части для снижения фильтрации под сооружением устраивают бетонные зубья или забивают шпунтовые стенки. Иногда под стенкой или зубом делают дренаж с выводом его в овраг или канал, пересекаемый акведуком. Для предотвращения выхода фильтрационного потока на откос и повышения его устойчивости у подошвы откоса устраивают дренаж. Швы по длине водопроводящей части акведука делают водонепроницаемыми.

По конструктивным особенностям пролетного строения акведука можно разделить на два основных вида. Первый из них состоит из двух независимых конструкций - моста, подобного проезжему, и лотка, уложенному по нему. Во втором виде акведуков пролетным строением будет сам лоток, опирающийся на опоры.

Как правило, сборные конструкции акведуков возводят только второго типа.

Через акведук должен быть предусмотрен пропуск шуги и плавающих предметов. При пересечении акведуком реки, ручья нижняя часть его должна быть не менее чем на 0,5 м выше максимального уровня воды в водотоке. Если водопроводящая часть акведука представляет собой лоток, то его стенки должны возвышаться над уровнем воды в нем не менее чем на 0,1 м.

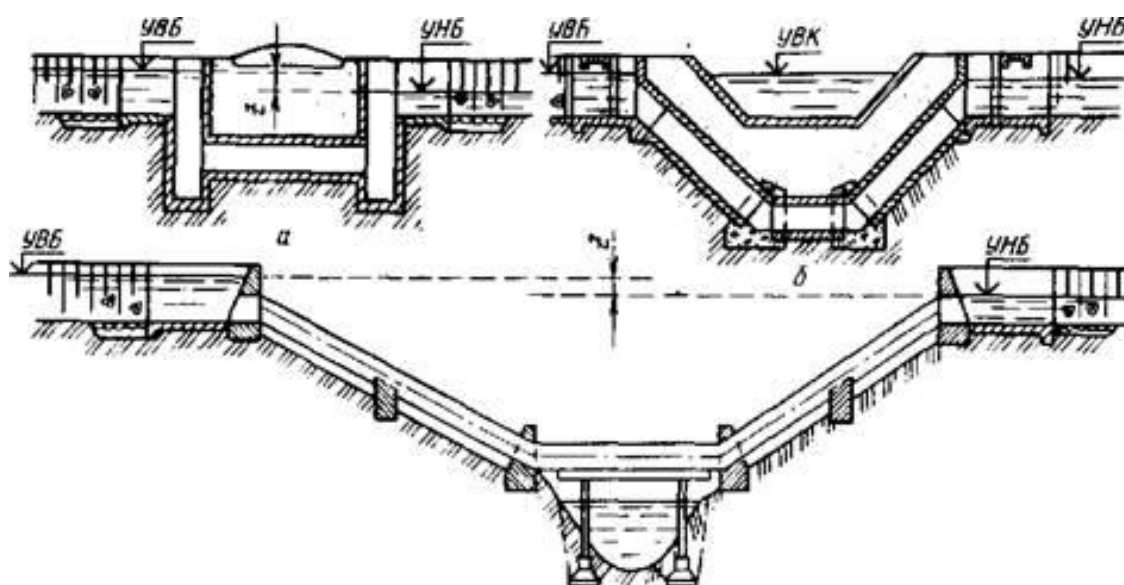
Акведук состоит из отдельных звеньев железобетонных параболических лотков длиной 6 м. Швы между звеньями уплотняют прокладками из упругой резины или мешковиной, пропитанной битумом. Опоры рамного типа высотой 2, 3, 4 и 5 м опираются на фундаменты из плоских железобетонных плит. Акведук монтируют из готовых железобетонных блоков, применяя краны-экскаваторы и автомобильные краны различной грузоподъемности.

Дюкеры (напорные водоводы) устраивают на каналах и водотоках, когда препятствия (реки, каналы, суходолы, дороги) расположены на том же или на близком уровне или когда нет возможности выдержать необходимые габариты при строительстве акведука (например, при пересечении с судоходной рекой). При пересечении каналом (водотоком) глубоких и широких рек, долин, оврагов строительство дюкера может быть экономически выгоднее строительства акведука, главным образом, за счет стоимости опор. В месте пересечения двух каналов дюкер устраивают на канале с меньшим расходом.

По конструктивным особенностям различают *колодезные* (шахтные) и *криволинейные* дюкеры (рисунок 65). По числу ниток дюкеры бывают

одноочковые и многоочковые. По условиям производства работ и эксплуатации дюкеры подразделяют на закрытые, открытые и комбинированные [8, 9, 10].

К основным частям дюкера относят входной и выходной оголовки, напорные трубопроводы, анкерные и промежуточные опоры и участки сопряжения с каналом. Ремонтные затворы, решетки, служебные мостики, перильные ограждения, водовыпускные патрубки, контрольные люки, компенсаторы являются вспомогательными частями дюкера (рисунок 66).



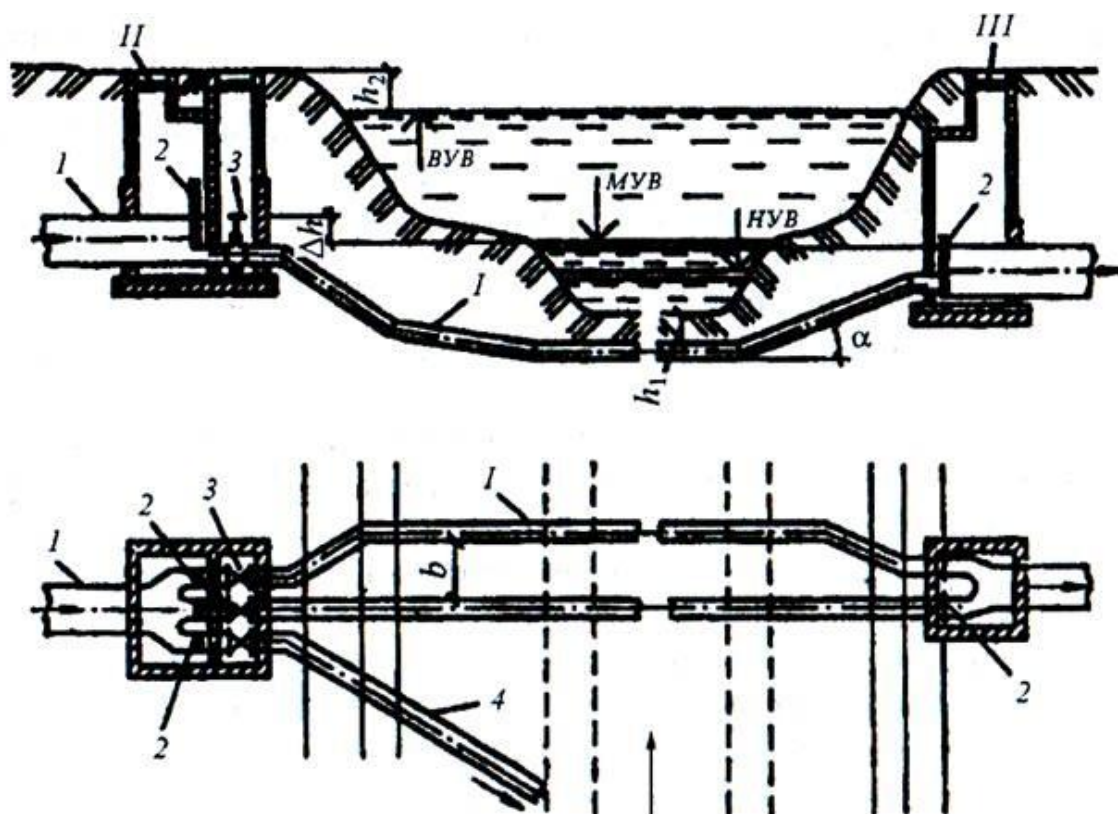
а, б - закрытые колодезный и криволинейный соответственно;
в - открытый с напорными трубопроводами.

Рисунок 65 - Основные конструктивные схемы дюкеров (по Гришину, 1979)

Колодезный дюкер состоит из входного и выходного колодцев и напорной трубы, которая проходит от входного колодца к выходному. Как колодцы, так и водопроводящую часть дюкера монтируют из железобетонных элементов. Во входном колодце предусматривается устройство решетки, предотвращающей засорение дюкера. Сверху колодцы закрываются крышками. В нижних частях колодца в отдельных случаях предусматривается устройство грязевиков для осаждения наносов.

Криволинейные дюкеры делают из круглых или прямоугольных железобетонных труб. Дюкер делают, чтобы можно было его осматривать, ремонтировать и очищать в период эксплуатации. Он должен быть

водонепроницаемым и обеспечивать отвод фильтрационных вод за пределы сооружения.



I - напорные трубопроводы; II – верхняя камера; III – нижняя камера;
 1 - подводящий самотечный трубопровод; 2 – щитовые затворы; 3 – задвижки;
 4 – аварийный выпуск.

Рисунок 66 - Схема дюкера через реку

12 Сопрягающие сооружения

Сопрягающие сооружения предназначены для сопряжения участков каналов, расположенных на различных отметках в местах падения рельефа местности, в местах со значительным уклоном местности, превышающим уклон дна канала, а также участков трассы открытых береговых водосбросов гидроузлов с глухими плотинами [3, 6].

По условиям движения потока эти сооружения делят на две основные группы:

- без отрыва от жестких границ сооружения - быстротки, трубчатые быстротки и перепады;
- с отрывом от жестких границ сооружения на отдельных его участках - ступенчатые и консольные перепады.

Сооружения должны обеспечивать пропуск необходимого расхода воды, безопасность движения воды как в самом сооружении, так и в канале, на участках перед сооружением и ниже его, пропуск через сооружение плавающих тел и шуги. Назначение типа и конструкции сопрягающего сооружения зависит от гидрогеологических условий и наличия местных строительных материалов и производится на основании технико-экономических расчетов. Главным критерием, оказывающим влияние на выбор является характер рельефа местности.

Быстротки представляют собой сопрягающие сооружения в местах сосредоточенного уклона местности, в которых вода проходит с большими скоростями. Быстротки бывают деревянные, каменные, бетонные, железобетонные и из других материалов. По расположению в плане различают прямолинейные и криволинейные быстротки, по виду поперечного сечения — прямоугольные и трапецеидальные с коэффициентом откоса не менее 1, треугольные и полигональные с продольным уклоном 0,2-0,05. В зависимости от длины различают быстротки длинные и короткие. В длинных глубина воды в конце весьма близка к нормальной глубине в лотке. В коротких быстротках глубина воды в конце больше нормальной [20].

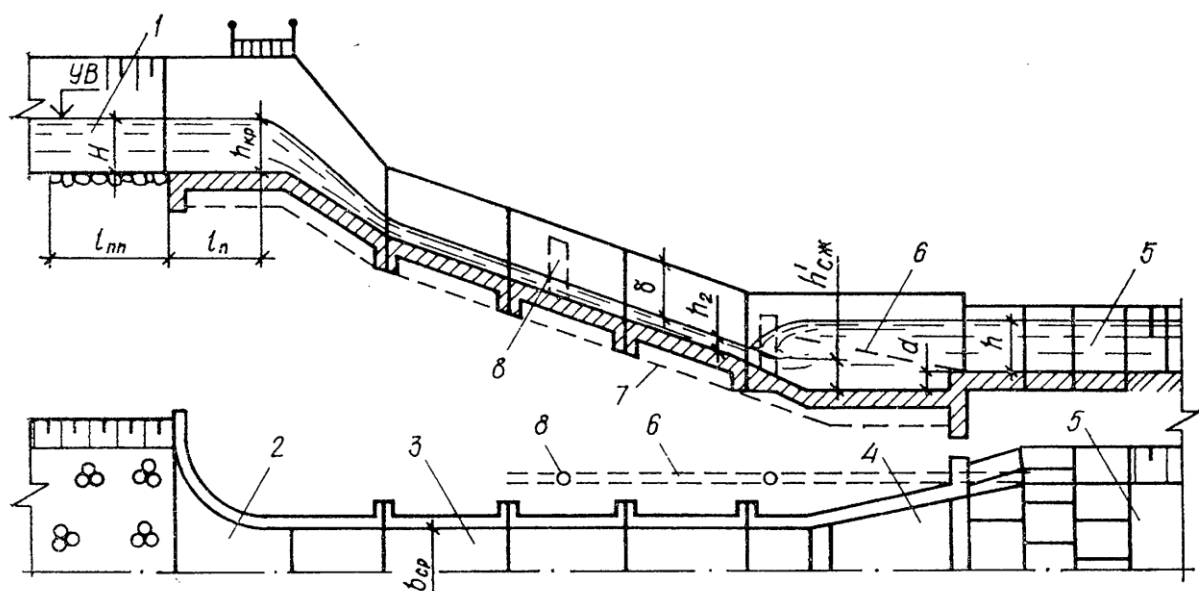
По гидравлическим условиям работы оптимальным считается прямоугольное поперечное сечение, так как в других сечениях происходит концентрация струи на осевой части, что приводит к неустойчивости потока.

В быстройтоке развиваются значительные скорости, поэтому русло его укрепляют дерном, одиночным мощением, деревом, бутовой кладкой, бетоном и железобетоном. Выбор материала для сооружения зависит от размеров канала и расходов воды.

По конструкции транзитной части быстройтоки бывают открытые и закрытые (трубчатые), криволинейные в плане, с искусственной шероховатостью струйные (с лотком, разделенным продольными стенками на несколько лотков), переменной ширины [6, 15, 16].

Быстроток состоит из подводящего канала, входной части (порога), лотка, успокоителя, отводящего канала (рисунок 67). Сопряжение соединительного канала с порогом и успокоителя с отводящим каналом осуществляется в виде раструба.

По длине бетонного лотка быстройтока через 5-20 м устраиваются швы. Толщина бетонной облицовки лотка быстройтока трапецеидального поперечного сечения принимается 0,15-0,4 м. При прямоугольном поперечном сечении быстройтока боковые стенки устраиваются в виде подпорных стенок, поперечные размеры которых определяются на основании статического расчета. Толщина дна лотка быстройтока принимается 0,2-0,5 м.



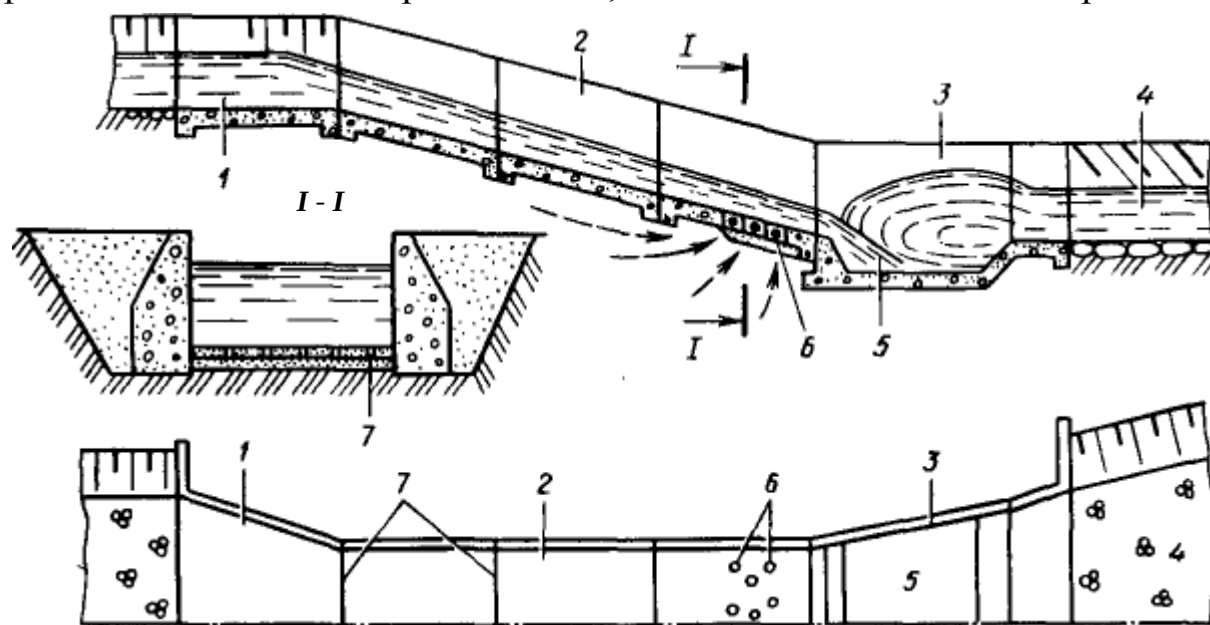
- 1 - подводящий канал; 2 - входная часть - порог; 3 - лоток; 4 - успокоитель;
5 - отводящий канал; 6 - дренаж; 7 - подошва стен; 8 - смотровой колодец.

Рисунок 67 - Быстроток с застенным дренажем

В быстротоках трапецеидального поперечного сечения при коэффициенте откосов $m > 1,5$ превышение верха их над расчетным уровнем воды увеличивается на 15 % по сравнению с этими данными.

Для понижения депрессионной поверхности воды, устраивается застенный дренаж. Последний состоит из двух дрен, уложенных вдоль продольных стен быстротока. Нижняя концевая часть дрен выводится ко дну отводящего канала. Застенный дренаж устраивается на протяжении 0,5-0,6 длины быстротока. Для контроля за работой дрен строятся смотровые колодцы. При несимметричном потоке грунтовых вод продольные дрены соединяются между собой в местах расположения смотровых колодцев поперечными, или соединительными, дренами. Дрены устраиваются из перфорированных труб с укладкой вокруг них песчаногравелистого слоя. Можно устраивать гравелисто-щебеночные дрены в каналах с укладкой вокруг них песчаного слоя [8, 9].

Входную часть быстротока строят в виде раструба, соединяющего верхний участок канала с быстротоком (рисунок 68). Выходную часть сооружения устраивают в виде водобойного колодца или водобойной стенки, где происходит гашение энергии потока, выходящего из лотка быстротока.



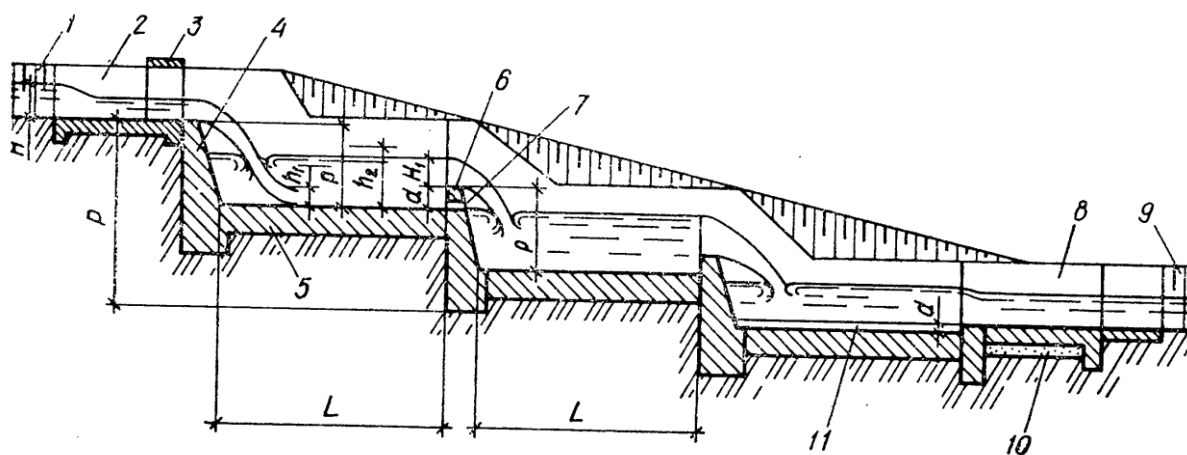
1, 3 - входной и выходной участки; 2 - лоток; 4 - отводящий канал; 5 - водобойный колодец; 6 - разгрузочные отверстия; 7 - деформационные швы.

Рисунок 68 - Бетонный быстроток (по Гришину, 1979)

Перепады, как и быстротоки устраиваются для сброса воды в местах сосредоточенного падения местности. Существуют следующие типы перепадов: ступенчатые, консольные, шахтные и щелевые [20].

Наиболее распространены многоступенчатые перепады (рисунок 69). Как и быстротоки, в начальной части они имеют соединительный канал и входную часть, а в конечной части — выходную часть и отводящий канал. При автоматическом сбросе воды входной порог перепада устраивается на уровне дна соединительного канала. Размеры входной части можно принимать такими же, как и для быстротока [8].

Поперечное сечение перепадов может быть прямоугольное и трапецеидальное. Вдоль продольных стенок перепадов устраиваются застенные дренажи. Длина ступеней перепадов может быть до 20 м. В конце каждой ступени для успокоения падающей воды устраивается водосливная стенка, в связи с чем они имеют вид водобойных колодцев. В водосливных стенках для выпуска воды из водобойных колодцев, когда перепад не работает, делаются отверстия от 10 x 10 до 20 x 20 см.



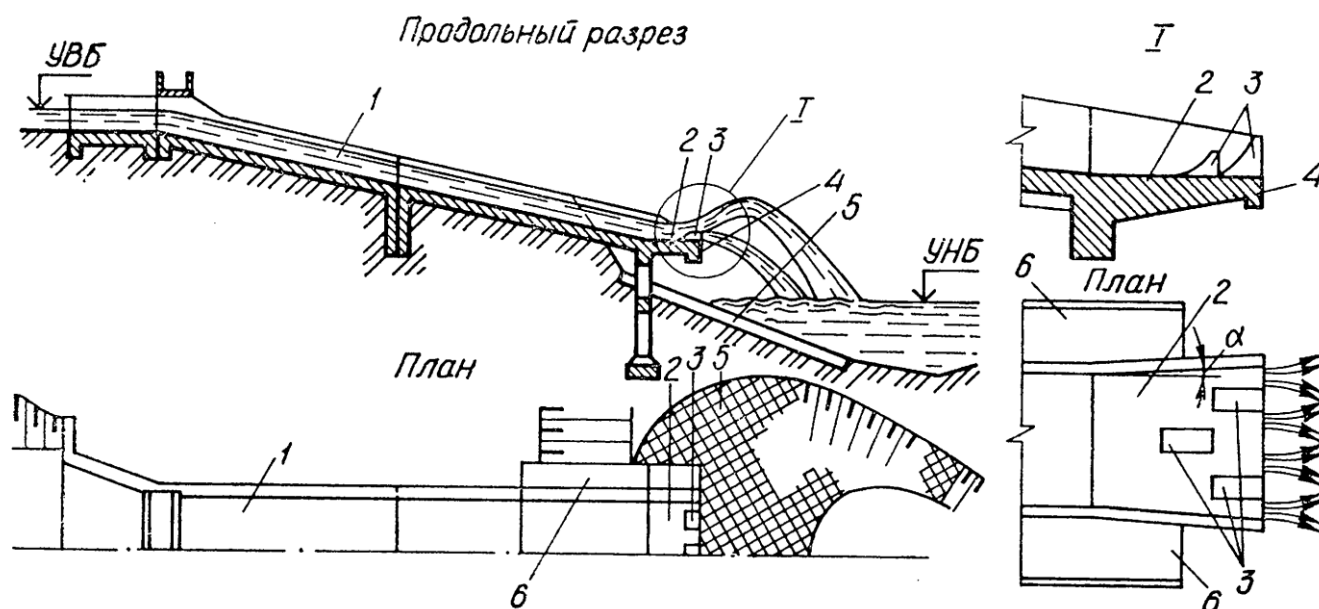
- 1 - подводящий канал; 2 - входная часть; 3 - служебный мостик; 4 - стенка падения;
 5 - ступень перепада; 6 - водосливная стенка; 7 - отверстия для выпуска воды;
 8 - выходная часть; 9 - отводящий канал; 10 - обратный фильтр;
 11 - водобойный колодец.

Рисунок 69 - Многоступенчатый перепад (по Гришину, 1979)

Консольный перепад получил свое название по гасительному устройству, представляющему собой струенаправляющий лоток, который расположен на опоре, достигающей до материкового грунта или выполненной в виде висячих

свай. В состав консольного перепада входят: вход, быстроток, струенаправляющий лоток на опоре и крепление грунта в зоне предполагаемого размыва, т. е. в пределах будущей воронки размыва.

Консольные перепады представляют собой быстроток, нижняя часть которых опирается на глубоко опущенные опоры, образуя за ними горизонтальную консоль (рисунок 70). При постоянном или близком к постоянному расходе воды можно устраивать консоль с обратным (отрицательным) уклоном. Обратный уклон создает условия для большего отлета струи от опор, в связи с чем от них удаляется воронка размыва. Если расходы консоли непостоянны, то устраивать обратный уклон не рекомендуется, так как при малых расходах может происходить подмыв опор.



1 - лоток быстотока; 2 - консоль; 3 - трамплины; 4 - слив; 5 - крепление;
6 - служебный мостик.

Рисунок 70 - Консольный железобетонный перепад

Вода с консоли сбрасывается непосредственно на грунт. Под действием падающей воды грунт размывается и образуется так называемая воронка размыва. Для уменьшения глубины и ширины воронки размыва и боковых водоворотов за ней в конце консоли устраиваются зубчатые трамплины, которые расщепляют струю на нижние и верхние струи. Верхние струи, насыщаясь воздухом, имеют меньшую размывающую способность. Чтобы

вода не затекала под дно лотка, в конце его устраивается слив. Лоток быстротока в той части, где он опирается на опоры, делается из дерева или железобетона.

Несущими элементами (балками) являются боковые стенки лотка консоли. В небольших лотках для получения более жесткой конструкции сверху через каждые 1,5-3 м укладываются поперечные балки, на которых устраивается служебный мостик. В больших лотках кроме двух боковых балок (стенок) под дном лотка укладываются еще дополнительные, соединяющиеся между собой поперечными балками. Служебный мостик в этом случае делается на боковых стенках. Дополнительные балки иногда размещаются над дном лотка консоли: в этом случае они образуют многоструйную консоль [10].

При легкоразмываемых (илистых и мелкопесчаных) грунтах устраивать консольные перепады не рекомендуется, так как в этом случае образуется воронка размыва большой ширины и глубины.

Гидравлический расчет консольных перепадов аналогичен расчету обычных быстроток. Следует только иметь в виду, что при небольшой ширине лотка быстротока будут большие удельные расходы, что способствует образованию глубокой воронки размыва.

Железобетонные лотки консолей располагают на опорах: свайных, стоечных, рамных, сплошных и консольных. Подошву крайних опор закладывают с учетом глубины воронки размыва. Подошву остальных опор определяют из условия устойчивости, принимая во внимание глубину промерзания грунтов, если они пучинистые.

Преимущество свайных опор: в процессе их погружения не нарушается массив грунта, примыкающий к воронке размыва.

Для надежной эксплуатации консольного сброса необходимо:

- располагать опоры консоли на надежном основании;
- подошву опор, если это железобетонные рамы, располагать не выше наинизшей точки дна воронки размыва, а если это сваи, то на такой же отметке должен находиться верх их расчетной глубины после размыва;
- укреплять грунт под концом консоли, чтобы не допустить подмыва опоры со стороны воронки размыва;
- предотвращать подмыв берегов справа и слева от консоли путем устройства защитных запаней и берегоукрепительных мероприятий.

Шахтный перепад состоит из вертикальной шахты и горизонтальной трубы. К шахте вода может подводиться каналом (открытый тип) или по трубе (закрытый тип). При устройстве такого перепада не требуется мощного крепления нижнего бьефа, а также устройства специального проезжего моста через канал. Материалом для сооружения перепада могут быть отдельные звенья железобетонных труб.

Щелевой перепад - стенка, установленная поперек канала с одной или несколькими щелями, трапецеидального сечения. Ниже стенки устраивают водобойный колодец, а участок ниже водобойного колодца укрепляют мощением. Сооружение строят из бетона.

13 Водоспускные сооружения

Водоспускные сооружения (водоспуски) служат для полезных попусков воды из водохранилища в русло нижнего бьефа плотины, а также для полного освобождения водохранилища (головного и рыбоводных прудов) от воды [7].

Полезные попуски воды в русло нижнего бьефа необходимы для подачи воды потребителям (для водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий), подачи воды на орошаемые поля, подачи воды в рыбоводные хозяйства.

Освобождение водохранилища от воды необходимо при очистке его от отложившихся наносов, ремонте плотины и сооружений с низко расположенными порогами.

Водоспуски - обязательные сооружения в прудовом хозяйстве, где освобождение от воды искусственных водоемов необходимо по условиям выращивания рыбы.

Исходя из задач, выполняемых водоспусками, их располагают в пониженных местах русла водотока. Это условие должно обязательно выполняться, если водоспуски предназначены для полного освобождения водохранилищ или прудов от воды. Такие водоспуски часто называют донными.

Водоспуски полезно совмещать с другими водопропускными сооружениями - водосбросными сооружениями, а иногда и с водозаборами [8].

В зависимости от задач водоспуски работают непрерывно или периодически. Попуски воды из водохранилища для полезных целей (водоснабжения) осуществляются независимо от времени года. Водоспуски, предназначенные для этих целей, работают без перерыва при всех уровнях воды в водохранилище. В конструкции таких водоспусков полезно иметь две и больше самостоятельно работающие нитки трубопроводов. При необходимости ремонтных работ одну из ниток отключают, а остальные продолжают действовать, обеспечивая непрерывную подачу воды потребителю. Непрерывно работающие водоспуски в периоды высоких уровней воды в водохранилище находятся под большим напором, для гашения которого требуются мощные гасящие устройства. Кроме того, приходится учитывать появление кавитации и сопутствующей кавитационной эрозии.

Различают открытые, закрытые (трубчатые) и башенные водоспуски. Регулирование расходов осуществляют затворами, которые устраивают в начале водоводов, в средней части и на выходе, предусматривая для них камеры управления.

Открытые водоспуски. В плотинах небольшой высоты (например, для рыбных прудовых хозяйств) устраивают открытые водоспуски, по конструкции представляющие собой шлюзы-регуляторы.

Сооружаются они как в теле плотины, так и в берегах при плотинах высотой до 6 м и небольших паводковых расходах. Днище водоспуска - флютбет - устраивается ниже нормального подпорного уровня воды на 2-4 м, необходимый подпорный уровень воды поддерживается затворами. Благодаря такому расположению флютбета и наличию затворов водоспуски одновременно служат для сброса паводковых расходов и для выпуска воды из водохранилища полностью или до любого требуемого уровня [10, 16].

Открытые водоспуски бывают деревянные, каменные, бетонные и железобетонные. Из дерева водоспуски устраиваются лишь в отдельных случаях, чаще - на рыбоводных прудах.

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

Со стороны верхнего бьефа быки могут иметь переднюю грань прямоугольную, полуциркульную, заостренную и криволинейно заостренную. Пролеты между опорами перекрываются деревянными или металлическими затворами. На водоспуске обычно устраивается служебный мостик для подъема и опускания затворов и проходит проезжая дорога.

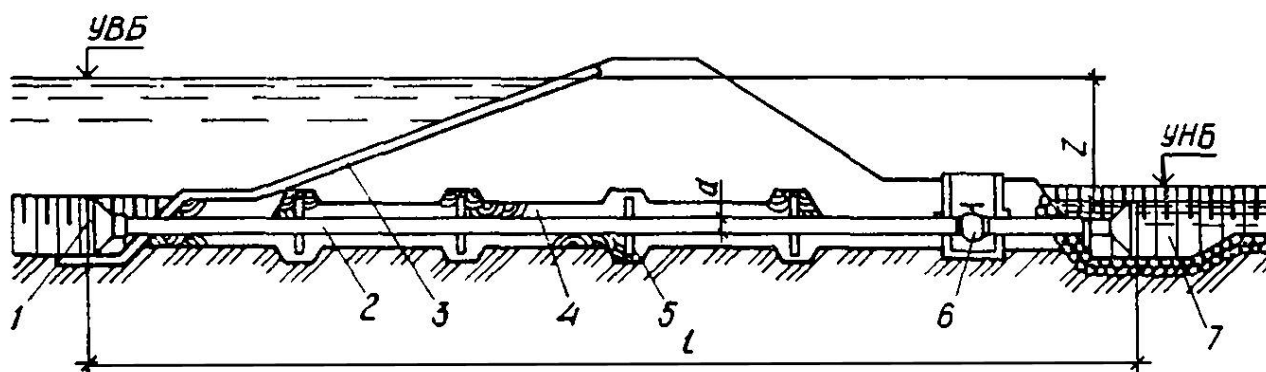
Для уменьшения пролетов между быками и береговыми устоями устанавливаются промежуточные деревянные или металлические стойки. Стойки могут быть постоянными и съемными (устраиваются, если предусмотрен пропуск через пролеты льда). Ширина одного пролета, если исходить из условия пропуска льда, должна быть не меньше 8 м.

Длину флютбета, а также необходимость предпонуры подушки и забивки шпунтов устанавливают на основании фильтрационного расчета. Толщина предпонуры глинобетонной подушки составляет 0,5-1 м, толщина глинобетонного понура - не менее 0,5 м. У стыка с водобоем толщину понура увеличивают. Сверху понура устраивается каменная мостовая или укладываются бетонные плиты. Толщина водобоя определяется

фильтрационным расчетом (предварительно принимается 0,4-1 м).

Трубчатые водоспуски. В плотинах небольшой высоты распространены трубчатые водоспуски, по конструкции аналогичные водозаборным сооружениям. Их особенность состоит в том, что при расположении затворов с низовой стороны площадку для управления затворами (задвижками) поднимают выше максимального уровня воды в нижнем бьефе.

Трубчатые водоспуски (рисунок 71) предназначены для полного или частичного опорожнения водохранилища при ремонте со стороны верхнего бьефа, для промывки наносов, а также для обеспечения водообмена (проточности) в рыбоводных прудах. Водоспуски данного типа используются для пропуска небольших расходов. Устраивают их из стальных, чугунных, железобетонных труб. Трубы водоспуска работают в напорном режиме. Входная часть трубы делается уширенной и перекрывается металлической решеткой. В выходной части устанавливается задвижка. Выходная часть водоспуска заканчивается в отводящем канале, где строится водобойный колодец или другие устройства для гашения энергии воды, выходящей из труб [20].



1 - металлическая решетка; 2 - стальная или чугунная труба; 3 - крепление верхового откоса; 4 - слой глины; 5 - диафрагма; 6 - задвижка; 7 - водобойный колодец.

Рисунок 71 - Трубчатый водоспуск (по Мамонтовой, 2012)

В зависимости от пропускаемого расхода могут быть уложены одна или несколько труб. Если укладывается несколько труб, расстояние между ними принимается не меньше диаметра трубы. Чтобы обеспечить прочность труб при осадке плотины и избежать фильтрации вдоль труб, устраивают железобетонные диафрагмы (на стальных трубах стальные), располагая их в

местах стыков отдельных звеньев труб. Вокруг труб укладывают слои глины или глинобетона.

Перспективна конструкция *многоголового водоспуска-водовыпуска*, в которой необходимый потребителю расход изымается из напорных водоводов в распределительной камере, что очень важно при использовании сооружения для различных целей (например, водоснабжения, рыбоводства, малой гидроэнергетики и др.).

Башенные водоспуски - наиболее рациональный тип водоспуска при плотинах низких и средней высоты. Конструкция их такая же, как и водозаборов, расчеты аналогичны. В состав башенного водоспуска входят трубопровод, башня управления затворами, входной и выходной оголовки. Трубопровод состоит из железобетонных труб диаметром 1-1,4 м. Нагрузка от земли по длине трубы неодинакова, и, чтобы ослабить напряжение от изгиба, ее устраивают из нескольких звеньев. Звенья труб с башней и между собой сопрягаются швами, которые обеспечивают отдельную их работу. Швы следует конструировать так, чтобы при осадках не нарушалась их водонепроницаемость [6].

14 Сооружения рыбосборно-осушительной системы

Рыбосборно-осушительная система включает следующие сооружения: рыбосборно-осушительные каналы, донные водоспуски, рыбоуловители, сбросные каналы, водоприемники [3, 8].

14.1 Рыбосборно-осушительные каналы прудовых хозяйств

По окончании периода работы вода из рыбоводного пруда должна быть полностью спущена, а ложе его очищено. Для сбора воды с ложа и подвода ее к донному водоспуску, а также для полного ската рыбы на ложе пруда нарезают рыбосборно-осушительную сеть каналов. Расположение сети рыбосборно-осушительных каналов на ложе прудов зависит от рельефа ложа пруда. Чем спокойнее рельеф, тем проще схема расположения рыбосборно-осушительной системы каналов. Осушительную систему проектируют по следующим схемам: лучевом, елочном и при сложном рельефе.

Размеры поперечного сечения рыбосборно-осушительной сети различны и зависят от категории пруда [20]:

- для головных и нагульных прудов глубина каналов равна 1,0 м, ширина по дну - 0,5 - 1,0 м, коэффициент заложения откосов – 1 - 1,5;
- для выростных прудов глубина каналов - 0,7 м, ширину по дну - 0,4 - 0,6 м, коэффициент заложения откосов - 1,0-1,5;
- для зимовальных, нерестовых, мальковых и маточных прудов глубину каналов - 0,5 м, ширину по дну - 0,3 - 0,4 м, коэффициент заложения откосов – 1 - 1,5.

14.2 Донные водоспуски

Донные водоспуски предназначены для полного сброса воды из прудов, перемещения рыбы из прудов в рыбоуловители, регулирования уровней воды в прудах и для обеспечения водообмена в прудах. На русловых прудах донные водоспуски можно использовать как для полного спуска воды из прудов, так и для сброса паводковых вод. Донный водоспуск используют для пропуска строительных расходов в период строительства головного гидротехнического

узла. Донные водоспуски располагают в самых низких местах водоема с таким расчетом, чтобы был обеспечен полный сброс воды как из пруда, так и из рыбосборно-осушительной системы.

В рыбоводной практике применяют *закрытые трубчатые* донные водоспуски. Основные части сооружения - входная часть, вертикальная башня, водопроводящая и выходная части, служебный мостик.

Донные водоспуски делают из бетона, монолитного или сборного железобетона с применением для водопроводящей части асбестоцементных, металлических и железобетонных труб.

Донные водоспуски различных категорий прудов отличаются диаметром водопроводящей части, так как через них должен быть пропущен расход воды, зависящий от площади пруда, глубины его и времени сброса воды из него. Напор перед водоспуском зависит от категории пруда. Так, донные водоспуски в нерестовых прудах должны быть рассчитаны на напор 1-1,5 м, в выростных, зимовальных, маточных, нагульных прудах - на напор 1,5-2 м, нагульных русловых и головных - на напор 3-5 м.

При строительстве донных водоспусков с напором 1-2,5 м применяют бетон, монолитный и сборный железобетон, с напором 3-5 м монолитный и сборный железобетон.

Бетонные донные водоспуски. В бетонном донном водоспуске *входную часть* укрепляют бетонными плитами или одиночным мощением на песчаной подготовке. Бетонная вертикальная башня с открьлками прямоугольного сечения в плане установлена на бетонную подушку на гравийной подготовке. В стенках башни - два паза из швеллеров для решеток и шандор [8, 10, 16].

Водопроводящая часть сооружения - асбестоцементная труба диаметром 195 мм. Для сопряжения асбестоцементной трубы с бетонной башней применен металлический патрубок длиной 70 см. Для уменьшения фильтрации воды труба обложена тщательно утрамбованным слоем суглинка толщиной 15 см. *Выходная часть* при напоре 1 м - это укрепленная бетонными плитами или одиночным мощением двухметровая часть сбросного канала. Служебный мостик деревянный или металлический. При напоре 1,5 м выходная часть выполнена в виде водобойного бетонного колодца трапецеидального поперечного сечения с уклоном откосов 1:1,5, оканчивающегося бетонной стенкой с пазами для шандор. За водобойным колодцем русло сбросного канала укреплено одиночным мощением на

гравийно-песчаной подготовке на длину 2,0 м. От гребня дамбы к башне сооружения ведет служебный мостик.

В рыбоводных хозяйствах лучшим в эксплуатации считается донный водоспуск с двумя рядами щитков. При больших напорах для водопроводящей части сооружения можно применять металлическую трубу. Бетонные донные водоспуски применяют при напоре до 2,5 м.

Железобетонный донный водоспуск сооружают при напоре 2,5-5,0 м и наибольшем расходе 1,3 м³/с.

Входная часть - железобетонный раструбный лоток длиной около 4,0 м, который примыкает к башне. Башню, устанавливаемую на бетонном фундаменте, делают двух вариантов: из железобетона с пазом для шандор и клапанным затвором; с двумя пазами для решеток и шандор [20].

Водопроводящая часть сделана из асбестоцементной трубы, которая для уменьшения фильтрации воды обложена плотно утрамбованным суглинком. В зависимости от длины водопроводящей части для полной ликвидации фильтрации воды вдоль трубы располагают одну или две железобетонные диафрагмы толщиной 15-20 см.

Выходная часть: водобойный колодец, рыбоуловитель и укрепленная часть сбросного канала. Водобойный колодец из монолитного или сборного железобетона, рыбоуловитель - соответственно проекту. От рыбоуловителя отходит сбросной канал, укрепленный бетонными плитами.

Упрощенный донный водоспуск состоит из прямка с решеткой, лежака с клапанным затвором и кронштейном, рыбоуловителя и подъемного механизма, состоящего из ворота или лебедки с тросом. По длине лежака расположены диафрагмы. Прямок, диафрагма, рыбоуловитель - бетонные, труба может быть металлической, железобетонной или асбестоцементной. Водоспуск применяют для прудов на ручьях, в глубоких балках, оврагах, где для обычного донного водоспуска требуется очень высокая башня.

14.3 Рыбоуловители выростных и нагульных прудов

Рыбоуловитель представляет собой ряд гидротехнических сооружений, предназначенных для концентрации, кратковременного хранения и вылова выращенной в нагульных и выростных прудах рыбы. К гидротехническим сооружениям рыбоуловителя относятся перегородивающее сооружение на

сбросном канале с рыбозаградительными решетками, водовыпуск в рыбоуловитель, бассейн (камера) рыбоуловителя, водоспуск из рыбоуловителя.

Строят рыбоуловитель ниже донного водоспуска выростных и нагульных прудов. Вблизи рыбоуловителя располагают площадку для механизмов и оборудования по облову, сортировке, взвешиванию и погрузке рыбы. Предусматривают устройство и оборудование для обеспечения водообмена и аэрации. Камеру рыбоуловителя обычно делают прямоугольной формы в плане и трапецеидального поперечного сечения. Дно рыбоуловителя рекомендуется располагать на 0,8-1,2 м ниже донного водоспуска.

Предлагаются три схемы расположения рыбоуловителя: параллельно дамбе пруда, на водоотводящем канале и параллельно водоотводящему каналу.

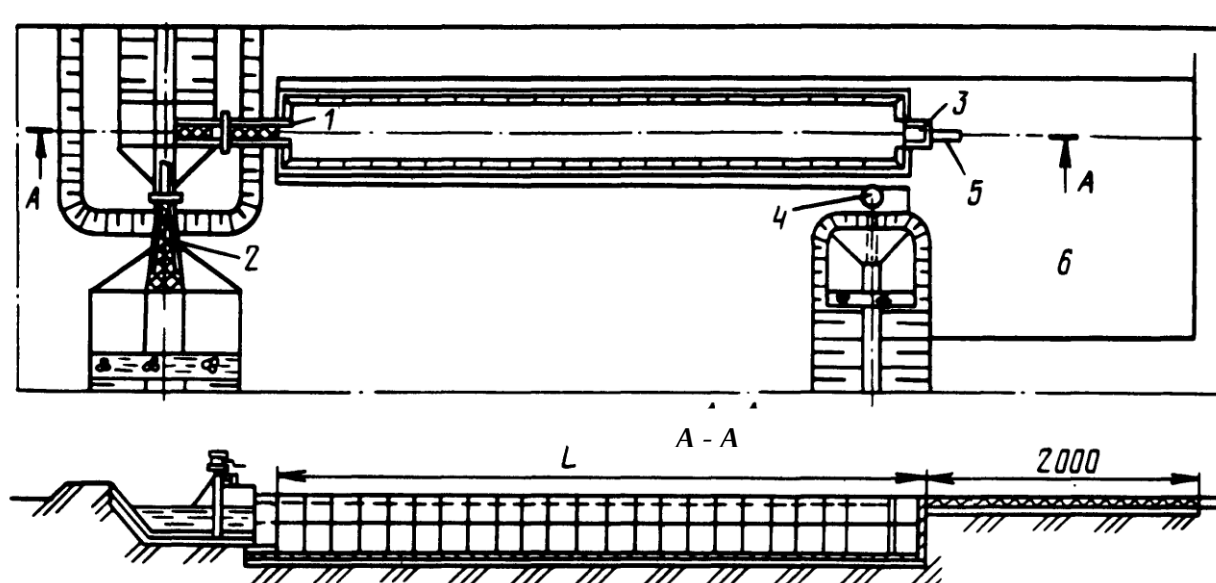
Размеры рыбоуловителя устанавливают в зависимости от количества принимаемой рыбы (всей или ее части), времени нахождения рыбы в сооружении, возможности водообмена. Разработан типовой проект рыбоуловителя для нагульных прудов площадью 50, 100, 250 и 500 га. Вместимость камеры рыбоуловителя рассчитывают на прием всей выращенной в прудах рыбы или ее части. При содержании рыбы в камере в течение до одного месяца отношение массы рыбы к объему воды должно составлять 1:4, более одного месяца - 1:7-1:10 [19].

По типовому проекту рыбоуловитель представляет собой канал (бассейн) прямоугольного или трапецеидального поперечного сечения с уклоном откосов 1:2 (рисунок 72). Ширину по дну принимают не более 6-8 м, глубину воды в камере 1,0-1,2 м.

Дно рыбоуловителя укрепляют бетонными или железобетонными плитами, откосы засевают травой, одерновывают или крепят бетонными плитами. В начале и конце рыбоуловителя располагают бетонные стенки с пазами для решеток и шандор. По условиям работы в рыбоуловителе постоянно должна быть расчетная глубина воды, равная 1 м.

Схемы водоснабжения рыбоуловителей. Если рыбоуловитель построен для облова руслового пруда, вода в него может подаваться только через донный водоспуск самотеком. При расположении прудов в пойме вода может подаваться тремя путями: самотеком из водоснабжающего канала через пруд; непосредственно из магистрального канала через специальный

водовыпуск; из водоприемника путем создания в нем подпора с помощью перемычки или механического подъема воды.



1 - рыбовыпуск; 2 - перегораживающее сооружение на сбросном канале; 3 - камера облова; 4 - донный водоспуск; 5 - патрубок для подачи чистой воды; 6 - площадка для установки механизмов выгрузки и транспортировки рыбы.

Рисунок 72 - Рыбоуловитель из сборно-монолитного железобетона

Рыбоуловитель с водоотделителем представляет собой бассейн прямоугольной формы с водоотделителем, с решеткой и патрубком для подачи воды в рыбоуловитель. У входа в рыбоуловитель расположен решетчатый водоотделитель с каналом для отвода воды с взвесями. Во время сброса воды из пруда она с илом проходит через решетку водоотделителя в канал, а рыба попадает в бассейн рыбоуловителя [19].

В нагульных прудах, где выращивают совместно товарную рыбу и сеголетков, можно применять *сортировочный рыбоуловитель для гидравлической сортировки* рыб по размерам. Конструкция рыбоуловителя и схема его работы основаны на увеличении максимальной скорости движения карпа при большей его длине, ориентации и движении карпа против течения воды и медленном прохождении вверх навстречу течению вдоль направляющей сетки, установленной под острым углом.

Рыбоуловитель представляет собой участок канала с укрепленными откосами, разделенный на три секции. Первая секция предназначена для приема и размещения всей рыбы. Вторая секция отделена от первой вертикальной направляющей решеткой, расположенной под острым углом к продольной оси рыбоуловителя. Просветы в решетке допускают свободный проход только сеголетков. Вторая и третья секции разделены между собой стенкой, в которой расположены затворы и решетки. Просветы в решетке, установленной со стороны второй секции, не допускают прохода через нее даже сеголетков. Первая и третья секции соединены между собой лотком-рыбоходом.

Из пруда в первую секцию пропускают всю рыбу (двухлетков и сеголетков), а из специального водоисточника, расположенного с противоположной стороны рыбоуловителя, в третью секцию подают воду, которая течет по второй секции и по лотку-рыбоходу в первую секцию, а затем сбрасывается в отводящий канал. Из первой секции рыба движется навстречу течению воды, сеголетки через решетку проходят во вторую секцию, а двухлетки движутся вдоль решетки, попадают в лоток-рыбоход, а оттуда в третью секцию. В лотке-рыбоходе создаются такие скорости, которые могут преодолеть только двухлетки, а сеголетки относятся течением обратно в первую секцию. Двухлетки концентрируются в третьей, а сеголетки во второй секции, где их вылавливают [23].

Имеются рыбоуловители, которые строят для нескольких прудов, например на некоторых крупных рыбокомбинатах. При этом применяется контейнерный способ облова - ниже донного водоспуска в камере облова помещают два контейнера. При спуске пруда вместе с потоком воды в контейнер заходит рыба. Во время подъема и выгрузки одного контейнера производится наполнение другого. Спуск и подъем контейнеров осуществляется электротельфером попеременно. Вход рыбы в камеру облова регулируется поворотом направляющих ворот. Контейнер выполнен из сетчатого материала длиной 4,0 м, шириной 0,8 м, высотой 1,3 м. Вместимость контейнера - 500 кг живой рыбы.

Для успешной эксплуатации рыбоуловителя необходимо обеспечить следующие условия работы [25]:

- планировать дно пруда с уклоном в сторону донного водоспуска;
- не допускать заиления рыбоуловителей путем устройства рыбо-

уловителя с водоотделителем;

- следует проводить специальные мероприятия по предотвращению заиливания рыбоуловителей - располагать их в стороне от водосбросного канала, производить частичную очистку пруда от ила, применять меры против размыва склонов водосборных площадей;
- применять аэрирование воды при недостатке кислорода в рыбоуловителях в период сравнительно длительного содержания в них рыбы путем установки специальных аэрирующих приспособлений.

14.4 Сбросные каналы

Сбросные каналы служат для отвода воды из прудов. Они отходят от донного водоспуска или рыбоуловителя, если он предусмотрен проектом, и продолжаются до водоприемника. Каналы должны пропускать расчетный расход воды при сбросе его из прудов. Обычно сбросным каналам придают уклон порядка 0,002 с таким расчетом, чтобы они не размывались. Если уклон получается значительно больше допустимого, на трассе сбросного канала устраивают сопрягающие сооружения - перепады или быстротоки [3, 10, 11].

Размеры поперечного сечения сбросного канала определяют гидравлическими расчетами, используя формулы, применяемые при расчете водоподводящих каналов. Сбросные каналы часто имеют значительные размеры, поэтому для переезда через них предусматривается устройство мостов и труб. При сооружении моста канал проходит под ним. Если прокладывается труба, то вода, идущая по каналу, пропускается через трубу. Отверстие трубы и размер моста должны пропускать расход, проходящий по сбросному каналу.

14.5 Водоприемники

Водоприемником называется водоток или водоем (естественный или искусственный), способный принимать наибольшие расчетные расходы воды. Вода из рыбоводных прудов по сбросным каналам сбрасывается в водоприемники - естественные или искусственные водотоки (реки, ручьи, каналы, овраги, балки). При сбросе воды из рыбоводного пруда в водоприемник не должно создаваться подпора воды в сбросной системе со

стороны водоприемника. Водоприемник должен обеспечивать отвод воды, поступающей из рыбоводных прудов [8, 9].

При сбросе воды из прудов больших площадей, например нагульных, сбрасываются большие расходы воды. При этом нельзя допускать размывов, затопления расположенных ниже по течению сельскохозяйственных угодий, промышленных предприятий, дорог и пр.

Все крупные и средние реки могут быть использованы как водоприемники без проведения дополнительных работ. Мелкие реки и ручьи могут быть использованы под водоприемники только при проведении специальных регуляционно-выправительных мероприятий, так как в естественном состоянии они извилисты, с малыми уклонами, большими коэффициентами шероховатости, малой пропускной способностью и не могут удовлетворять вышеуказанным требованиям.

При использовании оврагов и балок под водоприемник проводят работы по их укреплению и предохранению от размыва с таким расчетом, чтобы сброс воды из прудов не повлек за собой размыв оврага.

Водоприемник должен обеспечивать нормальную работу сбросной системы, т. е. не допускать затопления сбросной системы со стороны водоприемника.

Типы регуляционных сооружений на водоприемниках. Регулирование осуществляют путем увеличения пропускной способности водоприемника. К работам по регулированию рек относится также устройство оградительных дамб для защиты ценных земель, промышленных предприятий от затопления высокими водами [15].

Для выправления русла водоприемника используют специальные *выправительные сооружения*, подразделяемые на сооружения, усиливающие размыв русла и его углубление, ослабляющие размыв и отложение в нужных местах наносов, повышающие пропускную способность русла. Поперечное сечение сбросных каналов устанавливают гидравлическими расчетами в зависимости от максимального расхода воды, сбрасываемой из пруда.

Для усиления размыва русла и углубления его применяют *водостеснительные сооружения (дамбы)*. Дамбы бывают продольные, или струенаправляющие, и поперечные, или буны, полузапруды.

Струенаправляющие дамбы. Для спрямления русла, создания устойчивого русла потока и разделения потока русла применяют *продольные*

дамбы, или запруды. Отметка гребня запруды должна располагаться выше уровня воды в водоприемнике. Струенаправляющие дамбы рассчитаны на длительный срок службы, поэтому их возводят из прочных и долговечных материалов, откосы и гребни крепят каменной наброской.

Поперечные дамбы, или буны, или полузапруды, в поперечном сечении представляют собой трапецию. Полузапруды - сооружения, одним концом примыкающие к берегу, а другим выходящие в русло. Конструкции тела полузапруд аналогичны струенаправляющим дамбам и отличаются от них меньшей шириной гребня (1,5-3 м), более крутым верховым и пологим низовым откосами. Короткие полузапруды называют шпорами, длина их составляет не более 0,25-0,33 ширины устойчивого русла [1].

Полузапруды выполняют из местного грунта с монолитным железобетонным или с гибким креплением дна и откосов.

Буны сооружают из каменной наброски, грунта с креплением камнем в плетневых клетках, фашинными тюфяками и пр. Конец буны, примыкающий к берегу, называют корнем, а противоположный конец, выступающий в реку, - головой. При строительстве бун, или полузапруд, часть смытых в русло наносов заносится между бунами и там оседает, постепенно заполняя целиком весь промежуток между бунами, образуя здесь как бы новый берег.

Донные запруды - поперечное заграждение, устраиваемое для предохранения дна водотока от размыва. Запруда погружена полностью в воду. Ее применяют для отклонения потока от дна водотока и сооружают из каменной наброски, фашин, габионов и других видов кладки [21].

Оградительные дамбы - земляные дамбы небольшой высоты - располагают вдоль берегов рек. В зависимости от условий обвалование может быть замкнутое и незамкнутое. Дамбы подвергаются действию напора только непродолжительное время, поэтому подошва дамбы со стороны реки укрепляется как от волнобоя, так и от размыва течением только на размываемых участках [2, 4].

Имеются водоприемники, не требующие значительного понижения уровней, обладающие водосборными площадями с большими уклонами. В таких случаях для понижения уровня водоприемника целесообразно задержать часть паводкового стока. Для этого устраивают водохранилище на внепойменной части водосбора, при этом русло регулируемой реки не подвергается значительным исправлениям.

15 Техническое обоснование рыбохозяйственного строительства

Техническое обоснование рыбохозяйственного строительства включает выполнение изыскательских работ по проектированию и собственно проектирование.

Изыскательские работы - работы по выбору площадок под строительство с учетом всех требований, предъявляемых рыбными хозяйствами.

Работы по проектированию заключаются: в определении количества стадий проектирования; в обосновании применения типовых или специальных проектов гидротехнических сооружений; в составлении технического проекта рыбоводного хозяйства; в характеристике источника водоснабжения; в выборе района расположения головной плотины и компоновке прудов на плане; в назначении отметок уровней воды в прудах и определении их средней глубины; в трассировании магистрального канала; в определении уровня воды в водохранилище (головном пруду); в выполнении водохозяйственных расчетов; в составлении сметной документации строительства [22].

С 2006 г. основной проектной организацией является ОАО «Гипро-рыбхоз», созданное на базе институтов «Гидрорыбпроект» и «Гипро-рыбпром». Открытое акционерное общество «Головной институт по проектированию предприятий и объектов рыбного хозяйства» в целях развития аквакультуры выполняет [20]:

- предпроектные, проектные и технико-экономические изыскания для строительства новых, расширения, реконструкции и технического перевооружения действующих организаций;
- проводит экологическую оценку воздействия на окружающую среду при проектировании и строительстве рыбохозяйственных объектов;
- осуществляет авторский надзор за ходом строительства, оказывает помощь в освоении проектных мощностей;
- проектирует объекты гражданского строительства: жилье, организации торговли и общественного питания.

15.1 Изыскательские работы по проектированию

Изыскания проводят для получения исходных данных, на основании которых разрабатывается проект. Во время изысканий собирают и обрабатывают материал, необходимый для проектирования рыбоводного объекта; получают план местности с изображением рельефа, данные о почвах и грунтах участка, об источнике водоснабжения, о грунтовых водах, об имеющихся строительных материалах и др. Объем изысканий устанавливают в соответствии с инструкциями в зависимости от материалов изысканий прошлых лет, величины объекта, сложности рельефа, геологического строения.

В состав изысканий входят топографо-геодезические, геологические, гидрогеологические, гидрологические, почвенные, гидробиологические работы, работы по изысканию строительных материалов. Состав и содержание материалов изысканий зависят от природных и экономических условий, размера проектируемого предприятия и стадии проектирования [23].

Основные требования, предъявляемые к площадке под строительство прудовых хозяйств и рыбоводных заводов. Площадка должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- представлять широкую (не менее 200 м) пологую пойму реки или балки с поперечным уклоном 0,01-0,001, со спокойным микрорельефом;
- лучшими подстилающими грунтами являются слабоводопроницаемые грунты - глины и суглинки, залегающие недалеко от поверхности, при мощности слоя не менее 2 м;
- лучше использовать почвы - луговые с суходольным разнотравьем; слабозаболоченные луговые почвы пригодны для питомных рыбоводных прудов; почвы с наличием разложившегося торфа (минерализованного) могут быть использованы для устройства выростных и нагульных прудов; сильно заболоченные почвы с мощным слоем слаборазложившегося торфа не пригодны для устройства прудов; песчаные почвы нежелательны из-за значительных потерь на фильтрацию и низкой продуктивности прудов;
- вода в источнике водоснабжения должна быть пригодна для жизни рыб; источник водоснабжения должен иметь расход воды, достаточный для наполнения прудов и пополнения потерь в прудах летом, а также для обеспечения смены воды в зимовальных прудах в период их работы; в

источник водоснабжения не должны сбрасываться неочищенные сточные воды промышленных и сельскохозяйственных предприятий;

- недопустим выход грунтовых вод на поверхность;
- желательно, чтобы на выбранном участке поймы реки было место, удобное для возведения головной плотины (узкое место поймы реки); вблизи от выбранного участка должны находиться местные строительные материалы;
- должна быть обеспечена возможность набора рабочей силы;
- хозяйство должно быть расположено вблизи крупных населенных пунктов, шоссейных и железных дорог и источников энергоснабжения;
- устройство рыбоводных прудов должно отвечать санитарно-гигиеническим требованиям.

При выборе площадки, намечаемой под строительство *прудов форелевого хозяйства*, в первую очередь изучают источник водоснабжения. Количество воды в нем должно быть достаточным во все периоды года.

Объем и порядок производства изыскательских работ зависят от стадии проектирования.

15.2 Проектирование

Проектирование производится на основании *задания на проектирование*, составленного заказчиком при участии проектной организации, которой поручается провести необходимые проектно-изыскательские работы. Задание утверждается министерством или ведомством.

Проектом называют совокупность документов, содержащих эскизный проект или технический (окончательный) проект, решение о строительстве или реконструкции сооружения. Проект, представляющий совокупность документов установленной формы, включает пояснительную записку, сметы, чертежи, ведомости объектов работ и документацию по организации строительства [15].

Пояснительная записка содержит следующее: характеристики участка под прудовое рыбоводное хозяйство, площади водосбора и источников водоснабжения. Приводится рыбоводно-биологическое обоснование, включающее рыбоводную оценку источника водоснабжения и площадки для строительства, определение мощности и состава хозяйства, принимаемые производственные нормативы и т. д. В гидротехнической части проекта

разрабатываются вопросы компоновки прудов на плане с предварительным выбором района расположения головной плотины, проектирования водоподающей и рыбосборно-осушительной систем; производятся водохозяйственные и гидравлические расчеты. В архитектурно-строительной части проектируется жилой поселок и хозяйственный центр. В экономической части определяются объемы основных строительных работ, затраты на строительство, эксплуатационные затраты, себестоимость единицы продукции и окупаемость хозяйства.

Примерный перечень основных чертежей, которые должны быть приложены к техническому проекту, включает: генеральный план хозяйства в масштабе 1:5000 или 1:2000 со всеми гидротехническими сооружениями, предусмотренными проектом, с экспликацией прудов и условными знаками; головную плотину; паводковый водосброс; головной водозабор; необходимые продольные и поперечные профили магистрального канала, дамб; типовые проекты всех предусмотренных проектом гидротехнических сооружений.

Типовой проект - проект, предназначенный для многократного использования в строительстве. Типовые проекты гидротехнических и других сооружений применяются при проектировании и строительстве для повышения их качества, снижения стоимости и сокращения сроков работ. Типовые проекты разрабатываются для различных природно-климатических зон нашей страны. Применение типовых проектов позволяет ускорить строительство, увеличить применение новой техники и сборных бетонных и железобетонных элементов при строительстве различных гидротехнических сооружений в рыбоводных хозяйствах [20].

Проектирование гидротехнических сооружений осуществляется в несколько стадий, которые определены СН (строительными нормами).

Первой проектной стадией является технико-экономическое обоснование строительства (ТЭО) - *обоснование инвестиций в строительство объектов* - это оценка технической возможности, коммерческой и экономической целесообразности инвестиций в строительство данного объекта. На этой стадии рассматривается ряд альтернативных вариантов, выполняются необходимые расчеты сооружений, а также расчеты по определению эффективности инвестиций, социальных, экологических и других последствий осуществления строительства и эксплуатации объекта. Обоснование инвестиций служит основанием для принятия заказчиком решения о

дальнейшем инвестировании, оформления в установленном порядке материалов предварительного согласования места размещения и разработки проектной документации.

Далее следует разработка проектной документации на строительство гидротехнических сооружений, которая осуществляется, как правило, в две стадии: архитектурный проект и строительный проект.

В *архитектурном проекте* на основе данных уточненных и детализированных изысканий и выполненных модельных исследований окончательно устанавливаются водохозяйственный режим, типы и основные детали сооружений, составляются их чертежи, разрабатываются методы производства работ, перечни необходимых машин и механизмов, организация строительства, детализируется и уточняется смета.

При разработке проекта рыбоводного хозяйства составляется генеральный план хозяйства, технологическая часть, строительная часть, документация по организации строительства и сметная документация. Устанавливается мощность хозяйства, обеспечивается правильный выбор строительной площадки, источников водоснабжения, электроэнергии, топлива и т. д., а также определяются методы осуществления строительства. При утверждении технического проекта утверждается стоимость строительства объекта [9, 13].

Архитектурные проекты независимо от источника финансирования и форм собственности подлежат государственной экспертизе в установленном порядке.

На основе архитектурного проекта открывается финансирование и начинаются строительные работы, делаются заказы на оборудование, отводится необходимая территория с выдачей государственного акта на право пользования землей.

Строительный проект разрабатывается на основе утвержденного архитектурного проекта и обеспечивает непосредственную реализацию инвестиций в строительство объекта. На этой стадии проектная организация разрабатывает рабочую документацию, детальные чертежи сооружений и их элементов, идущие непосредственно на площадку строительства для выполнения по ним работ с учетом возможных изменений в проекте. Эти изменения могут понадобиться после вскрытия основания сооружения до проектных отметок и уточнения геологического строения основания и

примыканий сооружений к берегам, а также по ходу работ в случае выяснения непредвиденных обстоятельств. Осуществляется детальная привязка рабочих чертежей типовых проектов, применение которых предусмотрено техническим проектом. При разработке рабочих чертежей уточняются и детализируются предусмотренные техническим проектом решения, позволяющие производить строительные работы.

Для сооружений менее значимых и технически несложных, строящихся по типовым проектам и проектной документации массового и повторного применения, может предусматриваться *одностадийное проектирование*. При одностадийном проектировании в состав проектной документации входит строительный проект, в котором выделяют и отдельно утверждают архитектурную часть. Проект разрабатывается на основании геодезических, геологических, гидрологических, гидрогеологических, строительных, экономических и других необходимых изысканий [16].

Разработка проектной документации на строительство гидротехнических сооружений должна осуществляться разработчиками, получившими в установленном порядке лицензию на право проектирования таких объектов в соответствии с законодательством.

По завершении любой стадии проектирования осуществляют *оценку проектных проработок*. Их рассматривают, рецензируют и утверждают соответствующие уровню проекта органы. Если проект затрагивает интересы нескольких отраслей народного хозяйства, то в установленном директивными органами порядке его согласовывают с соответствующими территориальными или центральными ведомствами.

При составлении проектов специалисты руководствуются инструкциями по разработке проектов и смет для строительства мелиоративных объектов, техническими условиями ТУ, СН, СНиП, типовыми проектами, каталогами типовых промышленных конструкций, стандартами на строительные материалы и конструкции, нормами продолжительности строительства и другими нормативными документами.

Характеристика источника водоснабжения. В этом разделе определяют расход (сток) воды в источнике водоснабжения (река, ручей и пр.), на котором строится прудовое хозяйство, и распределяют его по месяцам.

В водохозяйственные расчеты входит определение расходов воды в водоисточнике, на котором строится хозяйство, и сопоставление его с

количеством воды, необходимым для нормальной работы всех подразделений хозяйства [7].

При проектировании рыбоводных хозяйств вводят в расчет среднемесячные расходы реки 75-90%-ной обеспеченности в створе головной плотины.

Необходимое количество воды складывается из расхода воды на наполнение прудов, на насыщение ложа прудов, на фильтрацию через плотину и дамбы, на пополнение потерь на испарение с водной поверхности прудов.

Выбор района расположения головной плотины и компоновка прудов на плане. При проектировании рыбоводного прудового хозяйства необходимо иметь топографический материал соответствующих масштабов, на котором выявляют основные формы рельефа. После изучения рельефа намечают две основные части плана - участок под водохранилище, или головной пруд, и участок под рыбоводные пруды. Границей этих двух участков является створ головной плотины, выше которого располагается водохранилище, ниже - рыбоводные пруды различных категорий.

Створ головной плотины назначают в самом узком месте поймы реки, где берега расположены близко один от другого. В пояснительной записке указывают место расположения плотины по отношению к частям света или привязывают ее к какому-либо пункту.

Компоновка прудов на плане производится после того, как рыбоводными расчетами установлена площадь всего хозяйства и площади различных категорий прудов, характеризующиеся величиной (площадью), наибольшей глубиной, средней глубиной, соотношением сторон и пр.

Требования к проектированию. При разработке проектов сооружений гидромелиоративных систем следует учитывать инженерногеологические, топографические, гидрологические, биологические и другие условия природной среды, а также технические характеристики системы, включая сведения о расходах воды, способе полива. В обязательном порядке необходимо учитывать перспективы развития гидромелиоративных систем, комплексность использования водных ресурсов, возможные изменения природной среды, требования по охране природы [13, 20].

Проектируемые сооружения должны отвечать требованиям надежности и технологичности, быть удобными в эксплуатации, обеспечивать возможность наблюдений за их работой, состоянием креплений и гидромеханического

оборудования.

Конструкции и габариты сооружений должны обеспечивать благоприятный гидравлический режим потока при пропуске нормальных и максимальных расчетных расходов воды, требуемую маневренность в изменении уровней и расходов, нормальную работу системы в сложных наносных и шуго-ледовых условиях.

При проектировании конструкций гидротехнических сооружений необходимо обеспечить их архитектурную привлекательность, возможность наиболее полного использования местных строительных материалов, условия проведения ремонтных и восстановительных работ. Необходимо также учитывать условия строительства сооружений, возможность высокой степени механизации работ, сокращение сроков строительства [15].

При создании водоподпорных сооружений следует предусмотреть инженерную защиту или перенос жилых и производственных объектов, исторических и архитектурных памятников, ускоренную разработку или охрану месторождений полезных ископаемых, благоприятные режимы уровней в верхнем и нижнем бьефах, соответствующую подготовку затапливаемых территорий, а в случае необходимости - переселение из района возможного затопления, решение вопросов благоустройства территории, охраны окружающей среды, гражданской обороны.

В процессе проектирования надо рассматривать возможность совмещения функций, выполняемых отдельными сооружениями, их водомерность, возможность возведения и ввода их в эксплуатацию очередями, а также возможность унификации отдельных элементов, узлов и сооружений в целом.

Классы сооружений. При проектировании гидроузлов и гидросистем выделяют постоянные и временные гидротехнические сооружения. Из группы постоянных сооружений выделяют основные и второстепенные. Постоянные гидротехнические сооружения подразделяют на *классы*.

От класса сооружения зависят состав и объемы изыскательских и проектных работ, коэффициенты запасов при расчетах сооружений, значения сбросных расходов, характеристики используемых при строительстве материалов. При определении класса учитывают ущерб народному хозяйству от аварий или нарушений эксплуатации сооружений. СНиП 2.06.01-86 рекомендует назначать класс сооружений по двум основным признакам [20]:

- в зависимости от последствий аварий водоподпорных сооружений, их высоты, материала и вида грунта основания;
- в зависимости от последствий нарушения правил эксплуатации сооружений.

Класс *рыбопропускных сооружений* зависит от класса сооружений, составляющих напорный фронт гидроузла (если сооружение входит в состав напорного фронта), и их рыбохозяйственной значимости, которую определяют рыбохозяйственные органы. Класс рыбопропускного сооружения, участвующего в создании напорного фронта, назначают такой же, как класс водоподпорного сооружения. В тех случаях, когда сооружение проектируют для сохранения исчезающих видов рыб, его относят к I классу.

После того, как выбрано окончательное решение, рекомендуется принимать наибольший из классов, определенных по обоим признакам. В гидроузлах комплексного назначения класс основных сооружений принимают по показателям участника водохозяйственного комплекса, имеющего наиболее высокий класс.

Временные сооружения допускается относить к IV классу, если их авария может привести к катастрофическим последствиям для строящихся объектов или населенных пунктов, а также в случае значительной задержки возведения основных сооружений I, II и III классов. Перемычки и строительные туннели можно отнести к III классу при соответствующем обосновании [6].

Применение систем автоматизированного проектирования. В связи с развитием математических методов и средств вычислительной техники появилась принципиально новая возможность повысить темпы и качество проектирования путем его комплексной автоматизации [16, 20].

Необходимость автоматизации проектно-расчетных работ вызвана тем, что их объем постоянно возрастает. Это требует увеличения числа проектировщиков, что не всегда гарантирует высокое качество решения задач.

Еще одна причина автоматизации проектных работ - усложнение объектов проектирования и, следовательно, потребность в обеспечении необходимой глубины проработок, рассмотрении большого числа вариантов и оптимизации решений.

Вначале были автоматизированы отдельные задачи проектирования гидротехнических сооружений (в основном расчетного характера): были

созданы *пакеты прикладных программ* (ППП) по расчету полей различной физической природы, а также по сметно-финансовым расчетам. Автоматизация функционально законченных фрагментов проектных работ привела к появлению *автоматизированных технологических линий проектирования* (АТЛП). Например, АТЛП открытой осушительной сети решают следующие задачи [20]:

- выбор поперечных сечений каналов;
- определение оптимального положения проектной линии продольного профиля канала;
- гидравлический расчет каналов;
- расчет объектов земляных работ;
- выбор состава сетевых гидросооружений;
- привязка водовыпусков, переездов, перегораживающих сооружений и ливнепропускных труб;
- подсчет объемов работ по сооружениям;
- составление ведомости потребности в материалах и заказных спецификаций.

Современный этап применения вычислительной техники, математических методов и системного подхода к проектированию характеризуется созданием *систем автоматизированного проектирования* (САПР), осуществляющих, кроме инженерных расчетов, выбор наиболее рациональных проектных решений, компоновку сооружений и узлов из составляющих их элементов, технологическое проектирование, выдачу проектной документации, математическое моделирование работы сооружений и степени их влияния на прилегающую территорию. Однако применение САПР не умаляет роли человека в принятии определяющих решений в процессе проектирования.

Для удовлетворения информационных потребностей проектировщика и отдельных компонентов САПР необходимо иметь и постоянно пополнять базу данных. В ней хранятся нормативно-справочная информация (сведения из ГОСТов, СТ, СН, СНиПов и др.), типовые проектные решения, сведения о проектах-аналогах, исходные данные для проектирования, текущая проектная документация (результаты выполненных этапов) и др. В базе данных по каждому проектируемому гидросооружению может храниться несколько вариантов, по которым выполняется технико-экономическое сравнение.

Помимо числовой и текстовой, хранится и графическая информация. Следовательно, САПР должна обеспечивать ввод и выдачу информации в графическом виде (схемы, графики, чертежи) в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации.

Автоматизированное проектирование гидротехнических сооружений предполагает не только синтез, но и анализ путем создания модели и оперирования ею для получения сведений о реальном объекте. В САПР применяют математическое моделирование, которое по сравнению с физическим имеет ряд преимуществ: меньше сроки на подготовку анализа, значительно меньшая материалоемкость, возможность выполнения экспериментов на критических режимах, которые привели бы к разрушению физической модели, и др.

Таким образом, создаваемые и находящие все более широкое применение системы автоматизированного проектирования гидротехнических сооружений представляют собой компьютерные системы, оснащенные развитыми программными и техническими средствами машинной графики, инженерных расчетов, математического моделирования, а также документирования проектной информации.

15.3 Сметная документация и организация строительства

Документом, определяющим стоимость строительства, является смета, которая должна быть разработана и утверждена до начала строительства. Общая стоимость строительства рыбоводного хозяйства определяется по сводной смете.

Сводная смета составляется на стадии архитектурного проекта при двухстадийном проектировании или архитектурно-строительного проекта при одностадийном проектировании и является основным документом на весь период строительства. После утверждения сводной сметы организацией, утверждающей проект, производят финансирование строительства.

Сводная смета содержит следующие главы [20].

1. Подготовка территории строительства. В затраты входят расходы по отводу участка, по сносу зданий и сооружений, расчистке площадки от леса и кустарника, планировке территории.

2. Объекты основного производственного назначения (все типы прудов

и сооружений на них, водозаборы, головные сооружения, дамбы и каналы, насосные станции, садки, верховины, рыбоуловители, оборудование и средства механизации трудоемких рыбоводных процессов).

3. Объекты подсобно-производственного и обслуживающего назначения (мастерские, склады кормов и удобрений, навесы, холодильники, конторы, лаборатории, магазины, здравпункты).

4. Объекты энергетического хозяйства (линии электропередач, трансформаторные подстанции, передвижные электростанции).

5. Объекты транспортного хозяйства и связи (строительство автомобильных и железных дорог и мостов на них, гаражей и прочих объектов транспортного хозяйства, а также строительство телефонных и радиолиний).

6. Внешние сети и сооружения водоснабжения, канализации, теплотификации и газификации.

Кроме сводной сметы, составляют *объектные сметы* на отдельные здания и сооружения, *сметы на отдельные виды строительных работ*, необходимое оборудование, а также проектно-изыскательские работы.

При составлении сметы производят подробный подсчет объемов работ, подбирают единичные расценки (стоимость единицы работы), руководствуясь действующей инструкцией по составлению смет. Объемы работ по строительству подсчитываются на основании чертежей проекта. Для определения стоимости материалов составляются калькуляции, в которых учитываются отпускные цены на материалы, стоимость транспорта, погрузочно-разгрузочные работы и заготовительно-складские расходы. Определяется стоимость затрат труда (заработная плата рабочих).

16 Строительные работы и материалы

Исходным материалом при организации строительных работ являются данные произведенных изысканий, план строительного участка, чертежи сооружений с объемами работ по ним и характеристика района строительства.

По имеющимся материалам выявляют условия производства работ: состояние подъездных путей к строительной площадке, характеристику грунтов, положение горизонта грунтовых вод и наличие местных строительных материалов. Проектной частью организации строительных работ устанавливают распределение земляных масс (выемка, насыпь), места устройства карьеров, способы производства земляных работ и сроки выполнения и последовательности работ [3].

Проект организации строительства рыбоводных хозяйств составляют на основании III части СНиП (Правила производства и приемки работ). В данном разделе проекта описан порядок производства строительных работ, очередность постройки гидротехнических сооружений [20].

В первую очередь производятся следующие работы: подготовка строительной площадки, осушение, свodka и корчевка древесной растительности, снос старых неиспользуемых зданий. Затем строится головной гидротехнический узел, после подготавливается основание для дамб рыбоводных прудов и производится их отсыпка. Создается водоснабжающая система со всеми сооружениями на ней. Строится канализационная система.

Проект организации строительства должен содержать: сводный календарный план строительства; технологические схемы производства основных работ; потребность в строительных механизмах; потребность в основных строительных материалах, потребность в рабочей силе и жилом фонде для строительного персонала; стройгенплан с указанием расположения зданий, карьеров и резервов разработки грунтов для возведения насыпей.

16.1 Состав организационных мероприятий и подготовительных работ

К *организационным мероприятиям* относятся: утверждение проектно-сметной документации; проверка обеспеченности строительными материалами

и проектной документацией по организации производства работ; получение фондов и размещение заказов на изготовление оборудования; организация материально-технического снабжения, оформление финансирования и заключение договоров со строительными организациями.

Подрядная строительная организация разрабатывает и согласовывает с заказчиком проект организации работ, в составе которого должны быть следующие материалы: строительный генплан, график производства строительно-монтажных работ, график материально-технического обеспечения, технологические карты на основные виды работ и пояснительная записка [15, 16].

После отвода участка под строительство освоение площадки начинают с проведения *подготовительных работ*, к которым относятся: создание опорной геодезической сети (плановой и высотной), освобождение зоны затопления от построек, строительство рабочих поселков, мастерских, складских помещений, дорог, сетей водоснабжения и энергоснабжения, линий телефонной связи и пр. На строительной площадке и в зоне затопления производят также лесоочистительные работы, трассирование каналов, отвод поверхностных вод и пр.

Закончив все указанные работы, приступают к разбивке сооружений на местности, т. е. к переносу проекта в натуру.

16.2 Разбивка сооружений на местности

Разбивочные работы, или перенесение проектов сооружений в натуру, заключаются в обозначении и закреплении на местности точек, дающих главные оси сооружения или их габариты согласно проекту. Разбивку несложных сооружений обычно производят производители строительных работ, крупных сооружений - квалифицированные специалисты.

Для перенесения проектов в натуру необходимо иметь генеральный план строительства, планы и профили сооружений, а также разбивочные чертежи с данными привязки к пунктам геодезической основы. При разбивочных работах допускаются максимальные отклонения от проектных размеров в плане: для земляных сооружений - 5 см, для осей бетонных и железобетонных монолитных сооружений - 1 см, а для сборных - 0,5-1,0 см.

При производстве разбивочных работ используют геодезические

инструменты: теодолиты, нивелиры, стальные мерные ленты, рулетки, рейки, вехи и пр. Плановое и высотное положение сооружений закрепляют постоянными или временными знаками. Постоянные знаки закрепляют положение основных осей или точек сооружений и сохраняются в течение всего строительства до сдачи сооружения в эксплуатацию. Временные знаки обозначают на местности очертания отдельных деталей сооружения на период их выполнения и в дальнейшем не сохраняются [14].

16.3 Пропуск строительных расходов

Расходы воды, пропускаемые через створ гидроузла в период его возведения, обычно называют *расходами строительного периода* или *строительными расходами* [3].

Выбор способа пропусков строительных расходов зависит от величины этих расходов, сроков возведения сооружений узла и топографических условий. Основным методом возведения насыпных плотин является метод возведения «насухо», когда все строительные процессы ведут в осушенном котловане и строительные расходы пропускают, минуя строящиеся сооружения, или аккумулируют в верхнем бьефе.

Способ аккумуляции строительных расходов как ограниченно распространённый применяют в следующих случаях [20]:

- при благоприятных топографических условиях, когда в верхнем бьефе имеется понижение, способное вместить сток за время возведения плотины;
- при строительстве плотин с малым объемом насыпи и возможностью ее наращивания до поднятия уровня воды в водохранилище.

При благоприятных топографических условиях аккумуляции воды выше створа плотины предшествуют работы по устройству верховой перемычки, за пределами которой и происходит накопление воды. В таких случаях плотины возводят после пропуска весеннего паводка под прикрытием перемычки. Разновидностью этого способа является использование емкости самого водохранилища, но в этом случае работы по возведению плотины должны опережать подъем уровня воды в нем.

Пропуск строительных расходов *транзитом* может осуществляться одним из следующих методов [8, 9]:

- по основному руслу водотока;

- по обводному каналу;
- через законченные водопропускные и водосбросные сооружения;
- по лоткам, уложенным через котлованы сооружения;
- по туннелям.

Наиболее удобен пропуск строительных расходов *через основное русло водотока* или *обводной канал*. В этом случае котлованы возводимых сооружений ничем не стеснены и вся строительная площадка (при условии осушения ее) используется для работы. Пригодны эти методы при сравнительно большой длине плотины, если русло реки или обводной канал занимают незначительную часть длины плотины, а также если по руслу проходят повышенные расходы воды [20, 22].

Работы по устройству обводного канала начинают сразу же после пропуска весеннего паводка, когда установятся низкие уровни воды в водотоке. После пуска воды по обводному каналу основное русло перекрывают верховой и низовой перемычками, которые располагают вблизи участков входа и выхода обводного канала. В результате возведения перемычек образуется замкнутое пространство для котлована сооружений узла. Воду из него откачивают водоотливными средствами, а затем приступают к подготовительным работам по котловану.

Закончив строительные работы по узлу, участок в створе плотины, занимаемый обводным каналом или руслом реки, закрывают перемычкой, под прикрытием которой и возводят плотину. По мере наполнения водохранилища лишняя вода сбрасывается через водосбросные сооружения.

Пропуск строительных расходов *через водоспускные* или *водосбросные сооружения* является своего рода разновидностью способа с устройством обводного канала. В этом случае вначале вне основного русла возводят одно из указанных сооружений, после чего строят подводящий и отводящий каналы. Далее русло реки выше и ниже плотины перекрывают перемычками, а расходы водотока пропускают через законченные сооружения. Под защитой перемычек, как и в предыдущем случае, возводят грунтовую плотину. Отметку гребня верховой перемычки назначают исходя из отметки порога водоспускного сооружения и глубины воды в подводящем канале с учетом возможного подпора перед перемычкой [10, 11].

На водотоках с небольшими расходами применяют способ пропуска строительных расходов *через трубы, уложенные в основании плотины до ее*

возведения. В этом случае плотину возводят на всей длине, включая и участок над трубой. После строительства всех сооружений узла трубы остаются в теле плотины, а входные и выходные отверстия их закрывают самоопускающимися шандорами. Если трубы имеют большое сечение, их заполняют грунтом, а затем заделывают входные отверстия.

В тех случаях, когда это возможно, эксплуатационные водопропускные сооружения следует использовать для пропуска строительных расходов. Например, если конструкцией гидроузла предусмотрен *водоспуск*, то его используют в качестве сооружения для пропуска строительных расходов.

Пропуск строительного расхода с помощью лотка (рисунок 73) обычно осуществляется при строительстве небольших сооружений на реках с малыми расходами воды [20].

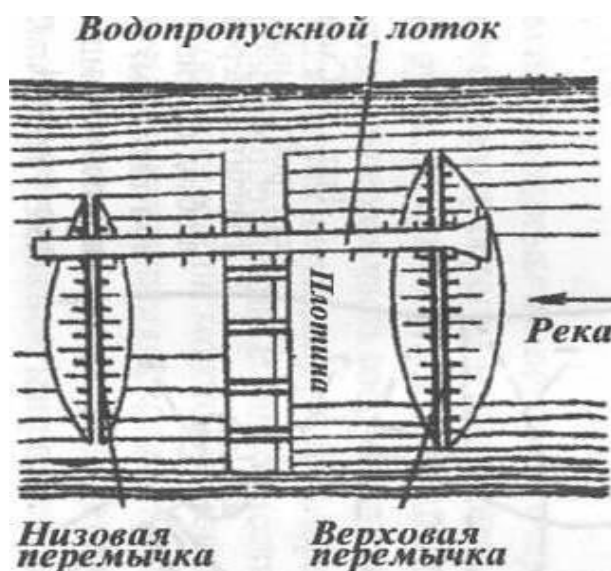
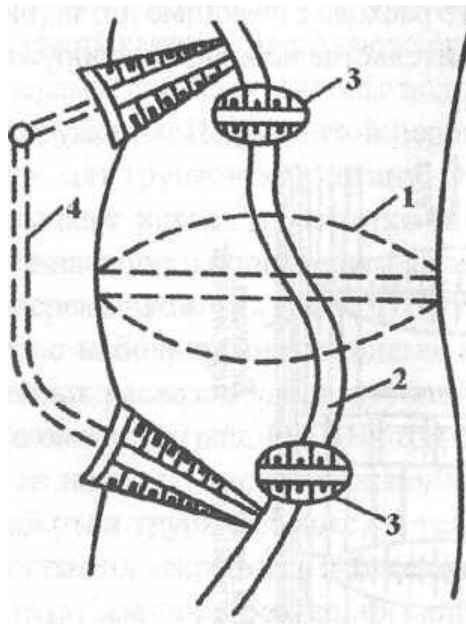


Рисунок 73 - Пропуск строительных расходов лотком (по Мамонтовой, 2012)

Для этой цели устраивают верховую и низовую перемычки и отводят воду из верхнего бьефа в нижний по лотку, уложенному на эстакаду или подмости. Из пространства, огражденного перемычками, воду откачивают насосами. В процессе укладки тела плотины лоток переставляют. По окончании строительства перемычки и лоток разбирают.

Сечение лотка подбирают на основе гидравлического расчета исходя из пропуска максимального расчетного строительного расхода, наблюдаемого в период возведения плотины. Достоинства способа - простота и быстрота осуществления. Затруднение вызывает перестановка лотка в процессе укладки грунта в тело плотины.

Строительные расходы пропускают *через туннели* на горных реках с узкими ущельями, где другие способы затруднены или невозможны. После окончания строительных работ по узлу туннели обычно используют как составную часть водосбросных и водозаборных сооружений (рисунок 74).



1 - контур плотины; 2 - русло водотока; 3 - поперечные перемычки; 4 - туннель.

Рисунок 74 - Схема пропуска строительных расходов транзитом через туннель в обход плотины (по Мамонтовой, 2012)

Строительство гидроузла может быть выполнено за один или два года. При одногодичном сроке строительство должно быть закончено к началу весеннего паводка следующего года, так как живое сечение реки, суженное вдвое, не сможет пропустить весенний расход. Постройка осуществляется в две очереди (рисунок 75), если сооружение занимает всю ширину реки, при значительном расходе воды и невозможности устройства обводного канала.

В этом случае перемычками первой очереди перекрывают часть русла реки возле одного из берегов, и расход воды пропускают через оставшуюся часть русла. После того, как под защитой перемычек первой очереди будет построена первая часть сооружения, устраивают перемычки второй очереди для второй части сооружения, и расход воды пропускают через готовую часть сооружения. В зависимости от объема работ постройку плотины таким способом можно выполнить за один или два года.

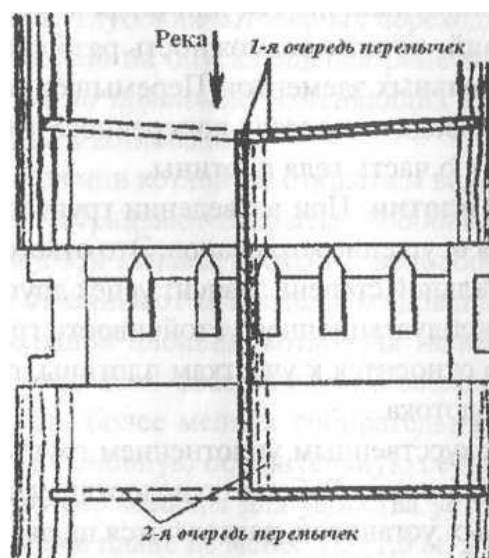


Рисунок 75 - Пропуск строительных расходов при строительстве гидросооружений в две очереди (по Мамонтовой, 2012)

Пропуск строительных расходов сопряжен с возведением перемычек, которые необходимы для ограждения котлованов и для направления потока воды в заданном направлении.

В зависимости от местоположения перемычки делятся на продольные и поперечные, а последние, в свою очередь, могут быть верховыми и низовыми, смотря по тому, выше или ниже створа плотины их возводят. В гидротехнической практике перемычки различают по материалу и по конструкции. Они бывают грунтовые, набросные, сипайные и карабурные, свайные, шпунтовые, ряжевые, бетонные, ячеистые и др.

При выборе типа перемычки учитывают срок ее работы, высоту, грунтовые условия основания, наличие тех или иных материалов и специфику местных условий, а также возможность разборки и повторного применения ее отдельных элементов. Перемычки, особенно грунтовые, целесообразно вводить в состав поперечного профиля и рассматривать как составную часть тела плотины.

Осушение котлованов плотин. При возведении грунтовых плотин, как правило, требуется осушение котлованов. Это ответственная работа, от которой в значительной степени зависит успех других строительных работ, а также эксплуатационная устойчивость грунтовых сооружений. Особенно это относится к участкам плотины, перекрывающим русловую часть водотока [15].

Насыпные плотины с искусственным уплотнением грунта можно возводить только в сухом котловане. Работы по водоотливу, производимые при помощи насосных установок, разделяются на два этапа:

- 1) первичная откачка воды из котлована;
- 2) водоотлив для поддержания котлована сухим, пока в нем возводится насыпь.

Поступление воды в котлован плотины происходит за счет стока поверхностных вод и фильтрации через ограждающие перемычки, а также через боковые поверхности и дно котлована. Для предотвращения этого применяют систему *перехватывающих устройств* в виде нагорных канав, банкетов, размещаемых по склону на отметках, близких к отметке гребня плотины. Дождевые осадки, поступающие непосредственно в котлован, в пределах огражденного перемычками пространства собирают системой открытых каналов и откачивают насосами [19].

Котлованы грунтовых плотин осушают при помощи открытого или грунтового водоотлива - местного искусственного понижения уровня грунтовых вод посредством откачки воды из глубоких колодцев.

Для неглубоких котлованов под грунтовые плотины проще и экономичнее применять *открытый водоотлив* в виде открытых каналов или дренажных устройств, перехватывающих грунтовый поток. Можно применять *стационарные установки* с размещением насосов на перемычках или специальных площадках на уровне перемычек.

При более глубоких котлованах переходят к *установкам с перемещением насосов* на опускающейся раме-косяке или к *передвижным установкам на понтонах*, изменяющих свою высоту с изменением уровня воды в котловане.

При осушении котлована открытым водоотливом по его внешнему периметру устраивают открытые *водоотводные канавы*. Вода, поступающая в эти канавы, стекает к водосборным колодцам, откуда ее насосами откачивают за пределы котлована.

При большой площади котлована такие канавы не обеспечивают отвод воды со всей поверхности. Необходимо устраивать дополнительную сеть более мелких собирательных канав, вода из которых поступает в основную осушительную сеть.

Водосборные колодцы для удобства устройства и очистки должны иметь размер в плане не менее 1,5х1,5 м. Дно их заглубляют ниже водосборных

канав не менее чем на 1-2 м, что устанавливается из условия полного затопления сетки водоприемного шланга при наименьшем уровне грунтовых вод в котловане. Стенки колодца крепят деревянными или металлическими шпунтовыми сваями, а в неплывающих грунтах можно устраивать колодезный сруб или заборку из пластин за сваями. Дно колодца укрепляют отсыпкой из щебня, чтобы предупредить захват частиц грунта при откачке вследствие подсоса. В грунтах по боковым поверхностям колодца и по дну следует укладывать обратные фильтры.

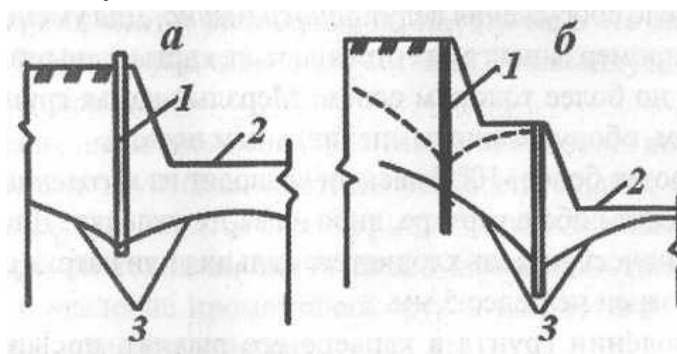
Водоотводные каналы в устойчивых грунтах выполняют трапециевидного сечения без крепления дна и стенок, в неустойчивых грунтах стенки крепят, поэтому сечение канала выбирают прямоугольное.

Начальный объем котлована, подлежащий осушению, определяют как произведение площади территории, огражденной перемычками, на глубину, равную разности отметок уровня воды в водотоке и дна котлована. Этот объем, разделенный на время в секундах, определит расход, а с учетом высоты перекачки - и мощность водоотливных средств.

При глубоких котлованах с большой площадью, когда их борта и дно сложены из водоносных грунтов, а осушение открытым водоотливом становится затруднительным, - применяют *грунтовой водоотлив*. По внешнему периметру котлована вне пределов контура плотины закладывают глубокие скважины, в нижнюю часть которых устанавливают фильтры. На дно скважин опускают глубинные насосы, которые откачивают поступающую через фильтры грунтовую воду. В результате непрерывной откачки воды из всех скважин уровень грунтовых вод в котловане опустится ниже отметки его дна и продержится в течение всего периода строительных работ. При грунтовой водоотливке уровень воды понижается по сферической поверхности во все стороны от места расположения скважины. Грунтовой водоотлив наряду с полным осушением котлована по всей поверхности предохраняет грунты основания от разрыхления, а откосы - от оплывания и сползания.

В настоящее время для искусственного понижения уровня грунтовых вод в котлованах гидротехнических сооружений широко используют *иглофильтровые установки*, работающих по принципу глубоких скважин (рисунок 76). Игольчатые установки мелкого понижения (вакуумные) представляют собой линейную систему часто расположенных фильтровых колодцев малого диаметра, погружаемых методом подмыва по контуру

котлована. При помощи одноярусных иглофильтровых установок уровень грунтовых вод у скважин можно понизить до 5-6 м. При двухъярусном расположении глубина понижения увеличивается в 1,5 раза и более. Наряду с отдельным способом осушения котлованов применяют и *комбинированный способ*. Так, для проницаемых оснований грунтовых плотин, прорезаемых до водоупора зубом, котлован осушают открытым водоотливом, а для траншей под зуб - иглофильтровыми установками.



а - одноярусная; б - двухъярусная; 1 - иглофильтр; 2 - дно котлована;
3 - уровень грунтовых вод.

Рисунок 76 - Иглофильтровые установки для понижения уровня грунтовых вод
(по Мамонтовой, 2012)

16.4 Строительство насыпных грунтовых плотин в зимних условиях

Возведение грунтовых насыпей в зимний период требует дополнительных затрат и прибегать к ним следует лишь там, где это оправдано технико-экономическими расчетами. Возводить насыпные грунтовые плотины зимой можно только из талого грунта. Мерзлые комья, попав в тело сооружения, оттаивают, на их месте образуются облегченные пути фильтрации воды, что приводит к фильтрационным деформациям и недопустимым осадкам сооружения. Зимой насыпные сооружения возводят непрерывно с такой интенсивностью работ в карьере и при укладке в тело, чтобы грунт не успевал промерзнуть до его искусственного уплотнения. Подготовку основания производят в безморозный период [8, 9].

Зимой рекомендуется применять грунты с влажностью меньше оптимальной. Это требует дополнительного числа проходов уплотняющей машины по одному следу и вызывает некоторое удорожание уплотнения.

Технология возведения грунтовой плотины зимой зависит от темпе-

ратуры, длительности морозного периода, вида и влажности грунтов. При температуре до минус 5-10 °С разработку грунта в карьере и его укладку в тело сооружения ведут *одновременно*. Для уменьшения возможности промерзания грунт отсыпают на карты меньших размеров, чем летом, но более толстым слоем. Мерзлые комья грунта удаляют бульдозером, оборудованным специальным ножом [6, 10].

При морозах более минус 10 °С насыпи возводят из *засоленных грунтов*. Грунт засоляют либо в карьере, либо на карте укладки. Для этого применяют техническую соль хлористого кальция или натрия с размерами отдельных зерен не более 5 мм.

При засолении грунта в карьере его рыхлят, посыпают солью (1-3 %), перемешивают, разрабатывают и перемещают в насыпь, а на карте укладки при разравнивании грунт и соль перемешивают дополнительно.

На карте укладки грунт засоляют иначе. Доставленный на карту незаселенный грунт разравнивают бульдозером, поливают раствором соли и перемешивают боронованием, а затем уплотняют.

При температуре наружного воздуха до минус 20 °С концентрированный раствор готовят из поваренной соли из расчета 270 кг соли на 1 м³ воды, а при более низкой температуре - из хлористого кальция (370 кг на 1 м³ воды).

В период снегопадов работы приостанавливаются до прекращения снегопада, после чего снег убирают и работы возобновляют.

Институтом «Горьковоргтехводстрой» разработан *наклонный способ отсыпки* грунта для строительства грунтовых низконапорных плотин IV класса в зимний период. Подготовительные работы проводятся в летне-осенний период. Разработка, транспортировка и отсыпка грунта в тело плотины производятся в основном скреперами. В зависимости от высоты и профиля плотины ее отсыпку осуществляют сразу на всю высоту или по ярусам. Каждый ярус разбивают на отдельные призмы, которые отсыпают наклонными (заложением 1:6) слоями-картами. Процесс отсыпки ведется непрерывно. Карта отсыпки должна перекрываться следующим слоем грунта до начала его промерзания, поэтому размеры карт назначают в зависимости от интенсивности отсыпки грунта и температуры воздуха. Карта делится на два участка. На одном грунт принимают и разравнивают, на другом в это же время его уплотняют. Затем операции меняют местами. Рекомендуемая толщина отсыпаемого слоя 0,2 м [20].

Применение наклонного способа позволяет в зимний период качественно отсыпать грунтовые плотины без значительных отклонений от летней отсыпки, повысить коэффициент пользования землеройно-транспортной техники, значительно или полностью сократить разработку и удаление промерзшего грунта на плотине, уменьшить материальные и трудовые затраты.

16.5 Бетонные и железобетонные работы

Вяжущие материалы. Совокупность веществ, обладающих способностью связывать разнородные компоненты, отвердевать и создавать монолитные материалы с композиционной структурой делят на два больших класса – *неорганические* и *органические*, в зависимости от состава химических соединений, входящих в их состав.

В зависимости от условий твердения вяжущие материалы подразделяют на воздушные, гидравлические и автоклавного твердения [12, 17, 18].

Воздушные вяжущие могут твердеть, набирать прочность и длительно сохранять ее лишь на воздухе, к ним относят: гипсовые и магнезиальные вяжущие, строительную воздушную известь, жидкое стекло.

Гидравлические вяжущие имеют более универсальное значение и способны твердеть, набирать прочность и длительно сохранять ее как в воздушной, так и в водной среде. К ним относят: портландцемент и глиноземистый цемент, их разновидности, гидравлическая известь и романцемент, смешанные вяжущие на основе извести, гипса, портландцемента, шлаков, зол и других минеральных добавок.

Вяжущие автоклавного твердения твердеют при давлении насыщенного пара 0,8 – 1,5 МПа, что достигается в автоклавах. К ним относятся смеси извести или портландцемента и малоактивных при обычных условиях твердения минеральных материалов, например шлаков, зол и кварцевого стекла.

Вяжущие материалы также подразделяют по механизму твердения на: гидратационные, контактно – конденсационные, коагуляционные и поликонденсационные [24].

Гидратационные твердеют после затворения водой в результате реакции гидратации и гидролиза и в результате образуются малорастворимые

гидратные новообразования, приводящие к формированию искусственных камнеподобных тел.

Контактно – конденсационные твердеют в условиях прессования гидратированных продуктов, когда в результате поверхностных явлений между контактируемыми макрочастицами веществ образуется прочный водостойкий камень.

Коагуляционный механизм твердения – формирование высококонцентрированной коллоидной массы при удалении из высокодисперсных веществ свободной воды, проявление капиллярных сил и образование камнеподобного материала.

Поликонденсационный механизм твердения происходит в результате реакций поликонденсации, сопровождающихся синтезом прочного искусственного камня и характерен для минеральных вяжущих на основе жидкого стекла, фосфатных и серных цемента.

Вяжущие также классифицируют по *химическому составу* (известковые, магнезиальные, силикатные, фосфатные и др.), *вещественному составу* (гипсовые, портландцементные, шлаковые и др.), *определяющей технологической операции* (обжиговые, безобжиговые), *характерному свойству* (быстротвердеющие, высокопрочные, кислотостойкие)[12].

Воздушные вяжущие материалы. *Гипсовые вяжущие* получают путем термической обработки гипсового сырья до сульфата кальция и применяют для изготовления строительных изделий всех видов и при производстве строительных работ. В зависимости от назначения гипсовые изделия разделяют на стеновые и перегородочные, для объемных строительных элементов, отделочные, акустические, огнезащитные, теплоизоляционные, специальные.

Строительная известь представляет собой продукт обжига кальциево-магнелиевых карбонатных пород или смесь этого продукта с минеральными добавками. Строительная известь применяется для приготовления вяжущих материалов, растворов и бетонов и производства строительных изделий. Строительная известь в зависимости от условий твердения подразделяется на воздушную, обеспечивающую твердение строительных растворов и бетонов и сохранение ими прочности в воздушно-сухих условиях, и на гидравлическую, обеспечивающую твердение строительных растворов и бетонов, и сохранение ими прочности как на воздухе, так и воде.

Воздушную известь подразделяется на негашеную и гашеную (гидратную), получаемую гашением кальцевой, магнезиальной и доломитовой извести. Гидравлическую известь подразделяют на слабогидравлическую и сильногидравлическую. По фракционному составу известь подразделяют на комовую, в том числе дробленую, и порошкообразную.

Применяют воздушную известь в качестве *известковых строительных растворов* для штукатурки и кладки внутренних стен; *цементно-известковых (сложных) растворов для кладки; известковых красок, силикатных изделий.*

Гидравлические вяжущие материалы. Основным гидравлическим вяжущим материалом являются цементы – портландцемент и его разновидности. По назначению цементы подразделяют на общестроительные и специальные, по вещественному составу – характеризующиеся различным видом и содержанием минеральных добавок [18].

Портландцемент представляет собой гидравлическое вяжущее вещество, твердеющее в воде и на воздухе, и получаемое при совместном измельчении портландцементного клинкера и необходимого количества гипсового вяжущего.

В смесь при помоле могут быть введены активные минеральные добавки (до 20 % от массы цемента) – портландцемент с минеральными добавками.

Шлакопортландцемент – продукт совместного помола клинкера портландцемента с измельченными гранулированными доменными шлаками (до 60 %).

Пуццолановый цемент получается в результате измельчения портландцементного клинкера с активными минеральными добавками (20 – 50 %).

Гидрофобный цемент – это портландцемент с гидрофобными добавками (асидол, мылонафт и др.), образующими водоотталкивающую пленку на поверхности цементного зерна и защищающими его от воздействия внешней среды. Такой цемент имеет длительный период хранения, чем обычный.

Пластифицированный цемент – это портландцемент с добавкой пластификаторов, которые улучшают пластичность растворных и бетонных смесей.

Глиноземистый цемент – это продукт помола клинкера, полученного

путем обжига до спекания сырьевой смеси на основе бокситов и известняка. Для этого цемента характерен быстрый набор прочности и высокая прочность.

Водонепроницаемый расширяющийся цемент (ВРЦ) является быстросхватывающимся и быстротвердеющим и расширяющимся при твердении гидравлическим вяжущим, который получают тщательным смешиванием глиноземистого цемента, полуводного гипса и высокоосновного гидроалюмината кальция.

Строительный раствор – это рационально составленная, однородно перемешанная смесь вяжущего вещества (цемент, гипс и др.), воды, песка и добавок, приобретающая с течением времени камневидное состояние.

Строительные растворы классифицируют по: основному назначению (для кладки, отделочные, специальные и др.), применяемому вяжущему (простые и сложные), величине средней плотности (тяжелые и легкие) [18].

Бетон – искусственный камневидный материал, представляющий собой затвердевшую смесь вяжущих, заполнителей, воды и при необходимости, добавок.

Различают следующие стадии готовности бетона: бетонная смесь, свежееуложенный бетон и затвердевший бетон. В зависимости от основного назначения бетоны подразделяют на конструкционные и специальные. По виду вяжущего материала бетоны могут быть на основе цементных, известковых, шлаковых, гипсовых и специально вяжущих материалов. По виду заполнителей бетоны могут быть плотные, пористые и специальные. По структуре бетоны могут быть плотной, поризованной, ячеистой и крупнозернистой структуры.

Вода для приготовления бетона должна быть чистой. Минерализованные, болотные и торфяные воды не пригодны для приготовления бетонной массы без предварительного анализа. Отношение количества воды к количеству цемента (по массе) в замесе называют водоцементным отношением (В/Ц). Механическая прочность бетона при одной и той же пропорции составляющих материалов убывает с возрастанием водоцементного отношения, поэтому не следует назначать консистенцию бетона с осадкой конуса больше той, которая необходима по условиям производства работ.

В качестве заполнителей бетона используют щебень, гравий и песок, состоящие из зерен твердых горных пород [17].

Щебень из горных пород - неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород или некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд и неметаллических ископаемых других отраслей промышленности и последующим рассевом продуктов дробления. Характеризуется остроугольной поверхностью.

Гравий из горных пород – неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый рассевом природных гравийно-песчаных смесей. Характеризуется окатанной поверхностью.

Природный песок – неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород и получаемый при разработке песчаных и песчано – гравийных месторождений без использования или с использованием специального обогащательного оборудования.

Дробленный песок – песок с крупностью зерен до 5 мм, изготавливаемый из скальных горных пород с использованием специального дробильно – размольного оборудования и гравия.

Фракционированный песок – песок, разделенный на фракции.

Песок из отсевов дробления – неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, получаемый из отсевов дробления горных пород при производстве щебня и из отходов обогащения руд черных и цветных металлов и неметаллических ископаемых и других отраслей промышленности.

Пористые искусственные заполнители – неорганические зернистые, сыпучие строительные материалы, изготавливаемые по специальной технологии или получаемые из отходов металлургического и химического производства.

Гидротехнический бетон в зависимости от места укладки подразделяют на бетон подводный, находящийся в воде постоянно, бетон зоны переменного уровня воды, бетон надводный, бетон массивный, бетон немассивный, бетон внутренней зоны, бетон напорных конструкций. Бетон подземных частей гидротехнических сооружений при наличии грунтовых вод рассматривают как подводный [14].

Стойкость подводного бетона, бетона зоны переменного уровня воды, а также подземного бетона, подвергающегося действию агрессивных вод, должна обеспечиваться подбором цемента, а также применением специальных

мероприятий в соответствии со строительными нормами. Виды цемента (вяжущие вещества) для *гидротехнических* бетонов, которые из многих видов бетонов наиболее часто применяются в гидротехнических сооружениях, выбирают в зависимости от места бетона в сооружении. Для подводного бетона, бетона внутренней зоны и бетона подземных частей сооружений применяют шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент, для бетона зоны переменного уровня воды - чисто клинкерный, сульфатостойкий, пластифицированный и гидрофобный портландцементы, для надводного бетона - портландцемент, пластифицированный и гидрофобный портландцементы.

Железобетон - искусственный строительный материал, полученный в результате соединения бетона со стальной арматурой (стальными стержнями) или композиционной. Бетон сопротивляется сжимающим усилиям. В предполагаемую зону растяжения конструкций закладывают стальные стержни. В некоторых случаях стальными стержнями армируют и элементы, подвергающиеся сжатию (колонны) для уменьшения размеров поперечного сечения конструкции (сталь в несколько раз прочнее бетона).

По способу выполнения бетонные и железобетонные конструкции бывают *монолитными*, выполняемыми непосредственно на стройплощадке, и *сборными*, монтируемыми из отдельных блоков, которые изготавливают на специальных заводах или полигонах.

В **состав бетонных и железобетонных работ** входят: изготовление и установка опалубки, заготовка арматуры и установка ее в опалубку; приготовление бетонной смеси, ее транспортировка и укладка в опалубку; уход за бетоном; снятие опалубки; контроль качества выполненных работ и устранение дефектов.

Опалубка - форма, придающая бетонным сооружениям заданные очертания и размеры. Опалубочные работы в гидростроительстве составляют 10-40 % стоимости бетонных работ. Опалубку выполняют из дерева, фанеры, металла и железобетонных плит [15].

Уход за бетоном после его укладки заключается в обеспечении необходимых влажности и температуры твердеющего бетона. Чтобы предупредить появление в бетоне усадочных трещин, поверхность его покрывают мокрыми опилками, мешками, рогожей, соломенными матами, полимерными пленками и пр. Для проверки прочности бетона производят

испытания образцов. Контроль за качеством бетона проводят также акустическими и радиометрическими методами.

Заводы, изготавливающие бетонные и железобетонные блоки сооружений, представляют собой стационарные предприятия с широким применением механизации всех производственных процессов и полигоны - предприятия открытого типа.

Сооружения из сборного бетона и железобетона проектируют так, чтобы форма блоков была наиболее простой, а число типов блоков было минимальным. Проектными организациями разработаны типовые проекты различных гидротехнических сооружений из сборного бетона и железобетона для рыбоводных хозяйств (водосбросы, донные водоспуски, водовыпуски, перегораживающие сооружения, лотки).

Сооружения из сборного бетона и железобетона возводят в следующей последовательности: подготавливают строительную площадку, производят разбивку сооружения, разрабатывают котлован и подвозят блоки, монтируют конструкции и заделывают стыки. Монтаж сооружений производят с помощью кранов. По окончании монтажных работ проверяют проектные размеры промерами и высотное положение установленных конструкций нивелированием. Соединение стыков арматуры и закладных частей производят путем сварки. Стыки между отдельными блоками очищают и заделывают смесями на быстротвердеющих цементах.

Применение конструкций из сборного бетона и железобетона в гидротехническом строительстве и при строительстве рыбоводных объектов взамен конструкций из монолитного бетона и железобетона позволяет снизить расход материалов, трудоемкость работ, ускорить темпы строительства и облегчить производство работ в зимнее время.

Крепление сооружений (каналов, откосов) бетоном и железобетоном. Бетонную и железобетонную облицовку изготавливают на месте, на стройплощадке или укладывают в виде готовых плит заводского изготовления.

Бетонная облицовка для каналов, изготовленная на месте, представляет собой плиту толщиной 12-20 см, укладываемую на подготовку. Плиты разделяют температурно-осадочными швами, которые при низком стоянии грунтовых вод необходимо уплотнять. В качестве уплотнения ставят доску на ребро, шов заполняют битумом, асфальтом или резиновым валиком.

Если уровень грунтовых вод выше уровня воды в канале, то, чтобы

давление грунтовой воды не оторвало облицовку, под нее укладывают дренаж, выполняемый в виде канавок, заполненных щебнем или гравием, а в облицовке делают отверстия. Если уровень грунтовых вод только временно выше уровня воды в канале, то выпускные отверстия закрывают шарнирными крышками.

Облицовку из готовых бетонных и железобетонных плит укладывают с помощью кранов на предварительно подготовленную поверхность дна и откосов. Но такая облицовка сильно фильтрует в местах соединения плит, поэтому ее применяют только для увеличения скоростей течения и при водонепроницаемых грунтах.

Если канал зимой без воды, то на откосах и дне канала облицовка повреждается от пучения глинистого грунта. Во избежание этого в верхней части откоса пучинистый грунт заменяют слоем песка или гравия толщиной 50-100 см.

Железобетонная облицовка каналов более устойчива, прочна и долговечна, чем бетонная, но дороже. Такая облицовка делается в виде плиты толщиной 8-15 см с арматурой из стержней диаметром 8-12 см. Железобетонную облицовку разделяют температурно-осадочными швами.

Для облицовки дна и откосов крупных каналов (с расходом воды до 10 м³/с) монолитным бетоном был разработан комплект машин. Комплект машин для каналов глубиной до 4 м состоит из профилировщика Д-582, бетоноукладчика Д-580 и нарезчика швов Д-651. Применение машин позволяет механизировать процесс облицовки каналов. Профилировщик зачищает и профилирует поверхности канала, подготавливая их под бетонирование. Бетоноукладчик облицовывает канал бетонным раствором.

При креплении откосов плотин, дамб и рыбоуловителей бетоном или железобетоном сначала планируют поверхности откосов и дна, уплотняют их, укладывают подстилающий слой, а затем крепят.

Планировку земляных откосов делают путем срезки грунта бульдозером, тяжелым грейдером, автогрейдером. Крутые откосы планируют планировщиком, смонтированным на базе экскаватора. Планировка делается с гребня и с бермы плотины, дамбы. После планировки откос уплотняют укаткой прицепными гладкими катками. Щебень подвозят и подают к месту укладки (на откос) автосамосвалами и экскаватором - грейдером. Эти материалы подаются на откос с гребня плотины.

При креплении железобетонными монолитными плитами на подготовленное основание по контуру плит устанавливают щиты опалубки. Каркасы из арматуры делают в арматурной мастерской, откуда доставляют к месту работы. Подачу каркаса на откос производят краном (на базе экскаватора). Под стержни нижней сетки через 1 м в продольном и поперечном направлении подкладывают бетонные плитки для получения нижнего защитного слоя. Подготовленная бетонная смесь доставляется на откос краном, и бетон укладывается в опалубку снизу вверх. Бетон разравнивают и уплотняют. Через 1-3 суток опалубка снимается.

Если укрепляют откосы из глинистого или мелкозернистого песка, то под подготовкой укладывают песчаную пригрузку, предохраняющую крепление от деформаций. Под стыками бетонных и железобетонных плит укладывают более толстую подготовку в виде слоев щебня, гравия и песка (обратный фильтр), препятствующую вымыванию грунта из-под плит.

16.6 Земляные работы

Основные виды земляных работ - создание насыпей и выемок. К насыпям относятся плотины и дамбы, к выемкам - каналы, канавы, копаные пруды и пр. В зависимости от положения земляных сооружений относительно поверхности земли их делят на: насыпи, возводимые путем отсыпки грунта выше поверхности земли; выемки - сооружения, расположенные ниже поверхности земли; полунасыпи и полувыемки - сооружения из грунта, расположенные частично в выемке и частично в насыпи [14].

Насыпи и выемки могут быть профильные и непрофильные, постоянные и временные. *Профильные насыпи и выемки* строят в соответствии с проектными размерами. К *профильным насыпям* относятся земляные плотины и дамбы, каналы в насыпях, подсыпка при планировке. Для достижения необходимой прочности, устойчивости и водонепроницаемости при устройстве профильных насыпей применяют уплотнение грунта. К *профильным выемкам* относят каналы, участки дорог, котлованы, траншеи.

К *непрофильным насыпям* относят кавальеры и отвалы.

Кавальеры - это насыпи неиспользованного грунта, уложенного вдоль выемки канала или дороги.

Отвал - место отсыпки неиспользованного грунта. К насыпям относят

также обратные засыпки выемок или пониженных мест на поверхности земли. К непрофильным выемкам относят резервы и карьеры.

Резервы - это выемки, из которых берут грунт для возведения расположенных рядом насыпей.

Карьер - это сосредоточенная выемка, из которой берут грунт для устройства земляных сооружений.

Кроме работ по сооружению насыпей и выемок, к земляным работам относятся **планировочные работы**, выполняемые для выравнивания земной поверхности или для придания ей определенного уклона. При выполнении этих работ грунт срезают с повышенных мест и отсыпают его в пониженные места, следя за соответствующим выравниванием поверхности.

Разработку грунта в выемках производят продольным, поперечным и лобовым способами [15, 20].

При продольной разработке экскаватор перемещается по оси выемки и отсыпает грунт на одну или две стороны. Этим способом разрабатывают крупные выемки большой протяженности на всю длину выемки с постепенным послойным углублением.

При поперечной разработке экскаватор черпает грунт преимущественно сбоку от оси по ходу экскаватора. Этим способом разрабатывают короткие выемки.

При лобовом способе грунт разрабатывается на всю ширину спереди и сбоку экскаватора от оси хода экскаватора за один проход. Этот способ применяется при разработке выемок на крутых склонах.

Возведение насыпей производят продольным, поперечным и головным способами.

При продольном способе грунт отсыпают по всей длине насыпи вдоль ее оси на всю ширину слоями толщиной 10-30 см с послойным уплотнением.

При поперечном способе грунт отсыпают из резервов, расположенных перпендикулярно к продольной оси насыпи.

При головном способе отсыпку производят слоями на всю высоту поперечного профиля. Этот способ применяют в местах перехода насыпи в выемку и при устройстве съездов на крутых склонах.

Выбор способа производства земляных работ зависит от размеров и расположения земляных сооружений, объема работ, вида грунта и пр. Землеройные машины перемещают грунт на расстояния: экскаваторы до - 25

м, бульдозеры - до 100 м, скреперы прицепные - до 800 м, самоходные - до 3000 м. При перемещении грунта на расстояния больше возможных для применяемых землеройных машин используют специальные транспортные средства.

При строительстве гидротехнических объектов для перемещения грунта применяют транспортеры, рельсовый, автомобильный и тракторный транспорт, а при наличии препятствий на пути и пересеченном рельефе используют подвесной транспорт. Выбор транспорта для перемещения грунта зависит от скорости передвижения, грузоподъемности, наличия и состояния дорог, размеров сооружения и рельефа стройплощадки.

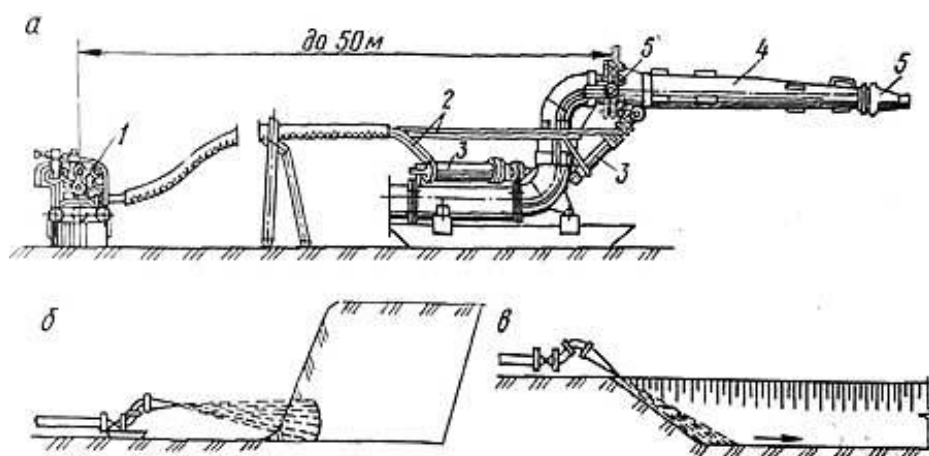
Уплотнение грунта. Существуют различные способы уплотнения грунта: механическое уплотнение с помощью машин, естественное самоуплотнение и уплотнение при отсыпке грунта в воду. Наибольшее распространение имеет механическое уплотнение. Грунтоуплотняющие машины разделяют на машины статического, динамического и вибрационного действия. К *машинам статического действия* относятся гладкие, кулачковые и пневмоколесные катки. К *машинам динамического действия* относятся трамбуемые машины, трамбуемые плиты и навесные трамбовки на тракторах, которые уплотняют грунт ударами рабочего органа. По принципу *вибрационного действия* работают вибромашины, виброуплотнители и вибраторы, которые уплотняют грунт путем передачи ему рабочим органом частых колебаний [14].

Гидромеханизация земляных работ - способ производства земляных работ, при котором разработку, перемещение и укладку грунта осуществляют при помощи воды. Гидромеханизацию применяют для разработки грунта в котлованах и каналах с транспортировкой в отвалы, для разработки грунта в карьерах с перемещением и укладкой в насыпи плотин и дамб, а также для очистки каналов от наносов [8, 9].

Для гидравлической разработки грунта применяют два способа: гидромониторный и с помощью землесосных установок (рисунок 77, 78).

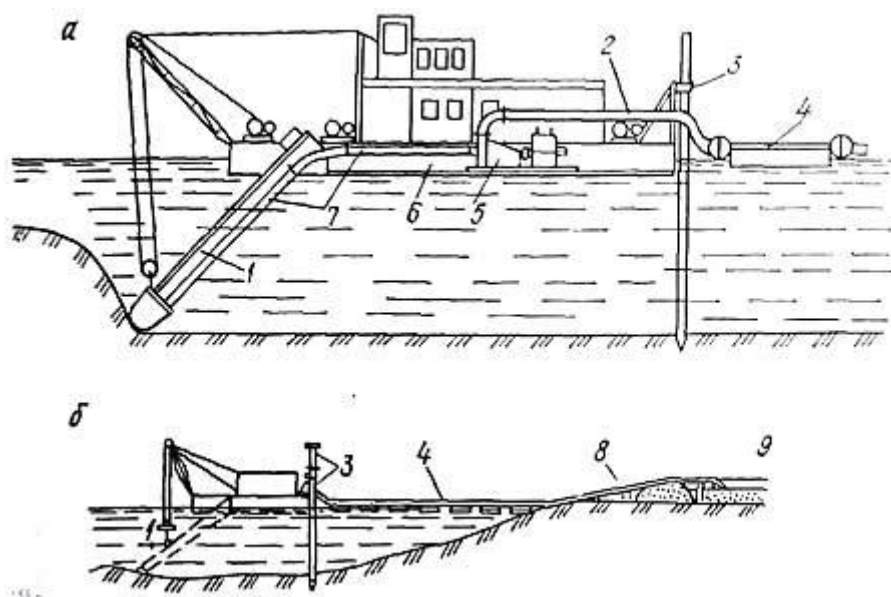
Для гидравлической разработки грунта применяют два способа: гидромониторный и с помощью землесосных установок. При *гидромониторном способе* воду под большим напором подают в гидромонитор, и вытекающая с большой скоростью из насадки гидромонитора струя воды разрушает и размывает грунт. Разработку грунта гидромониторами можно

производить либо «встречным забоем» снизу вверх, либо «попутным забоем» сверху вниз.



а - гидромонитор с гидравлическим приводом; б - размыв грунта встречным забоем;
в - размыв грунта попутным забоем; 1 - пульт управления; 2 - шланги;
3 - гидроцилиндры управления; 4 - ствол; 5 – насадка.

Рисунок 77 - Гидромониторная установка



а - схема землесосного снаряда; б - схема работы; 1 - грунтозаборное устройство;
2 - напорный пульпопровод; 3 - папильонажные сваи; 4 - плавучий пульпопровод;
5 - грунтовый насос; 6 - корпус; 7 - всасывающий трубопровод;
8 - береговой пульпопровод; 9 – укладка.

Рисунок 78 - Разработка грунта землесосным снарядом

При разработке грунта снизу вверх гидромонитор устанавливают на дне забоя и вначале струей «подрезают» нижнюю часть массива грунта, вследствие чего нарушается его устойчивость и происходит обрушение. Этот способ дает наибольший эффект и применяется для разработки связных и малосвязных грунтов.

При разработке грунта сверху вниз гидромонитор располагают на сухом месте, и поток пульпы получает направление одинаковое с направлением размывающей струи. Этот способ менее эффективен, его применяют преимущественно для размыва несвязных грунтов при малой высоте забоя. Землесосные установки предназначены для разработки грунта, расположенного под водой, и перемещения его к месту укладки. Землесос представляет собой центробежный насос, у которого корпус и рабочее колесо рассчитаны на пропуск воды с грунтом.

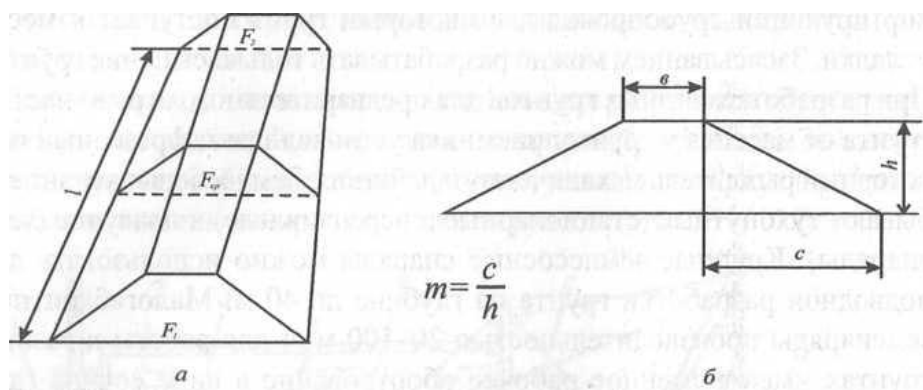
Поток воды, создаваемый землесосом, увлекает частицы грунта со дна водоема во всасывающий трубопровод, откуда рабочее колесо землесоса выбрасывает разжиженный грунт в нагнетательный и транспортирующий трубопроводы, по которым грунт поступает к месту укладки. Засасыванием можно разрабатывать только сыпучие грунты. При разработке связных грунтов для предварительного отрыва частиц грунта от массива у грунтоприемника устанавливают фрезерный или роторный рыхлитель механического действия. Землесосные установки бывают сухопутные (стационарные и передвижные) и плавучие (земснаряды). Крупные землесосные снаряды можно использовать для подводной разработки грунта на глубине до 40 м. Малогабаритные земснаряды производительностью 20-100 м³/ч для работы в разных грунтах имеют сменное рабочее оборудование в виде сосуна (для песков и супесей), черпакового устройства (для супесей и суглинков) и роторного рыхлителя (для вязких грунтов). Землесосные установки применяют при строительстве каналов, плотин и дамб, разработке котлованов под гидротехнические сооружения, углублении и очистке от наносов каналов, рек, водохранилищ и озер.

Взрывной способ производства земляных работ. Разработку грунта взрывным способом широко применяют при строительстве выемок и насыпей, рыхлении скальных, плотных и мерзлых грунтов, дроблении пород в карьерах и в котлованах под различные сооружения. Возможно успешное возведение плотин путем направленного взрыва на выброс. Для небольшого количества

зарядов применяют огневой способ взрывания, а для одновременного взрыва многих зарядов - электрический способ [19].

Подсчет объемов земляных работ производят в период проектирования для определения сметной стоимости сооружений, расчета необходимого количества машин и рабочей силы для составления календарного плана производства работ и т. д. При этом используют продольные и поперечные профили и планы с горизонталями [20].

Подсчет объемов земляных работ производят также в период строительства для определения объема выполненных работ. Необходимые размеры устанавливают путем инструментальных съемок. Объемы всех видов земляных работ вычисляют в плотном теле и определяют их по формулам объемов геометрических тел (рисунок 79).



а – призматойд для подсчета объема насыпи; б - поперечное сечение насыпи;
b - ширина гребня; h - высота насыпи; c - заложение откоса; m - коэффициент заложения откоса.

Рисунок 79 - Фигуры для подсчета объема земляных работ (по Мамонтовой, 2012)

Объемы линейных земляных сооружений (плотин, дамб, каналов и пр.) вычисляют приближенным способом путем деления сооружения вертикальными поперечными плоскостями в характерных точках перелома продольного профиля на призматойды.

По площадям поперечных сечений F_1 и F_2 и расстоянию l между ними определяют объемы V отдельных призматойдов, а затем суммируют их.

17 Эксплуатация гидротехнических сооружений

Эксплуатация гидротехнических сооружений - это комплекс мероприятий, обеспечивающих безотказное выполнение функций всеми сооружениями, входящими в состав рыбоводного хозяйства. В рыбоводных хозяйствах ответственность за состояние гидротехнических сооружений возлагается на директора хозяйства.

Основные задачи эксплуатации гидротехнических сооружений [15, 20]:

- обеспечение бесперебойного забора воды из источника водоснабжения и подача ее в пруды в соответствии с графиком водопотребления;
- наблюдение и уход за гидротехническими сооружениями;
- ремонт гидротехнических сооружений, их восстановление и реконструкция;
- борьба с потерями воды в прудах, каналах, лотках и трубах;
- составление паспортов сооружений, в которые заносят все данные о работе сооружений - их повреждения, ремонт, возможное изменение размеров и т. д.;
- разработка и осуществление мероприятий по пропуску паводка во избежание повреждений головного гидротехнического узла и других сооружений.

17.1 Приемка сооружений

Приемка законченных строительством объектов производится в установленном порядке. На основе положений СНиП построенные, реконструируемые или подлежащие расширению объекты предъявляются заказчиком (застройщиком) к приемке *государственным приемочным комиссиям*. Датой ввода объекта в эксплуатацию считается дата подписания акта государственной приемочной комиссией [20].

Датой ввода в эксплуатацию сооружений и помещений, используемых строительно-монтажными организациями, считается дата подписания акта *рабочей комиссией*. Рабочие приемочные комиссии назначаются заказчиком. Порядок и продолжительность работы рабочих комиссий устанавливаются заказчиком по согласованию с генеральным подрядчиком. В состав рабочих

комиссий включаются представители заказчика (председатель комиссии), генерального подрядчика, субподрядных организаций, эксплуатационной организации, генерального проектировщика, органов Государственного санитарного и пожарного надзоров, технической инспекции труда или эксплуатационной организации.

При приемке рыбохозяйственных объектов осуществляют следующие проверки [10, 19, 20]:

- для земляных сооружений устанавливают коэффициент заложения откосов и поперечные размеры плотин и дамб; степень уплотнения грунта; отметки гребня плотин и дамб; бровок и дна каналов; надежность крепления откосов сооружений; правильность расположения трасс сооружений в плане, резервов и карьеров;
- для сборных бетонных и железобетонных конструкций проверяют сохранность и правильность установки элементов сборных конструкций и плотность примыкания их к опорам и друг к другу;
- для монолитных бетонных и железобетонных конструкций устанавливают качество бетона в отношении прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и других показателей; качество поверхности готового бетона; соответствие проекту размеров выполненных сооружений; наличие и правильность установки закладных частей и температурно-осадочных швов;
- проводят контрольные испытания гидротехнических сооружений (плотин, дамб, паводковых водосбросов, донных водоспусков, шлюзов, каналов и др.).

Государственные приемочные комиссии назначаются министерствами и ведомствами. Акты о приемке в эксплуатацию объектов утверждаются решением органов, назначивших комиссии.

В состав государственных приемочных комиссий при приемке объектов производственного назначения включаются: представители заказчика, эксплуатационной организации, генерального подрядчика, районной (городской) администрации, генерального проектировщика, органов Государственного санитарного и пожарного надзоров, органов по регулированию использования и охране вод системы мелиорации и водного хозяйства, технической инспекции труда заказчика или эксплуатационной организации.

Заказчик представляет государственным приемочным комиссиям

документацию генерального подрядчика для рабочих комиссий.

Государственные приемочные комиссии обязаны: проверить устранение недоделок, установленных рабочими комиссиями; готовность объекта к приемке в эксплуатацию; оценить качество строительно-монтажных работ и прогрессивности технологических и архитектурно-строительных решений; проверить соответствие вводимой в действие мощности и фактической стоимости с проектными показателями, а в случае отклонений проанализировать причины их возникновения, результаты анализа с предложениями представить органам, назначавшим комиссию.

Государственные приемочные комиссии могут назначать контрольные апробирования, испытания и проверки. В случае неприятия объекта в эксплуатацию представляется мотивированное заключение в орган, назначивший комиссию, и в копии - заказчику и генеральному подрядчику. В случае необходимости представляются материалы для привлечения к ответственности лиц, допустивших при проектировании и строительстве некачественное выполнение проектных и строительно-монтажных работ.

Приемка в эксплуатацию объектов государственными приемочными комиссиями оформляется *актами* (форма дана в приложении СНиП), которые подписываются представителями и всеми членами комиссии. При наличии у членов комиссии возражений они рассматриваются с участием органов, представителями которых являются эти члены комиссии.

18 Наблюдение и уход за гидротехническими сооружениями

Регулярное наблюдение (надзор) за состоянием гидротехнических сооружений позволяет своевременно выявлять нарушения работы сооружений.

Эксплуатационные наблюдения за грунтовыми плотинами делятся на визуальные и инструментальные. В их задачу входят наблюдения за режимом водохранилища и обоими бьефами, деформациями, состоянием облицовок и креплений, фильтрацией через сооружение и его основание, участком береговых примыканий, общим состоянием плотины [15, 20].

Визуальные наблюдения, под которыми понимают общий осмотр сооружений с применением самых простейших измерительных приборов, заключаются в глазомерной оценке явлений и записи их в специальные полевые журналы. Непременным условием визуальных наблюдений при эксплуатации гидротехнических сооружений, наряду с записями, являются эскизные зарисовки деформированных участков с указанием размеров, высотной и плановой привязкой к пикетажу или каким-либо постоянным знакам, фотографирование.

В процессе наблюдений за деформациями грунтовых плотин обращают внимание на их общее состояние (размывы, осадки, просадки, оползни, трещины, подвижки грунтовых масс, состояние примыканий и т.п.) и местные деформации. При описании их характера в журнале наблюдений пользуются следующей *терминологией* [3, 20]:

- **обвал** - отрыв и падение отдельных масс грунта под воздействием дополнительных нагрузок;
- **оползень** - оползание масс грунта, обычно по контакту разнородных слоев (глинистых), смоченных водой;
- **оплывы** - оползание грунта под влиянием сильного насыщения водой;
- **осыпь** - оползание или осыпание сухого сыпучего грунта откосов или крупных склонов;
- **трещина** - разрыв грунта на поверхности сооружения вследствие неравномерной его осадки, возникновения обвалов, оплывов, оползней или от действия внешней нагрузки;

- **борозда** - смыв грунта с откосов потоками дождевой воды;
- **просадка** - образование местных впадин на поверхности сооружения из-за местного уплотнения грунта или его суффозии;
- **просадочная трещина** - то же, что и общая трещина, но обусловленная просадкой;
- **выпор** - местный подъем грунта в теле грунтового сооружения или у его основания под давлением сооружения и фильтрационного потока;
- **пучение** - местный подъем водонасыщенного разуплотненного грунта, вызванный его промерзанием и оттаиванием;
- **размыв** - смыв грунта с откосов или горизонтальных участков текущей водой;
- **полоса прибоя** - граница смыва грунта под воздействием волн;
- **полоса навала льда или плавающих тел** - смещение грунта под воздействием льда или плавающих тел на склонах или откосах.

При помощи визуальных наблюдений осуществляется общий контроль за состоянием плотины и ее отдельных частей, в работе сооружения выявляются отклонения от режима, установленного проектом и эксплуатационными инструкциями, а также фиксируются происшедшие деформации. Визуальные наблюдения производят регулярно в течение всего года, а в период особенно напряженного состояния плотины (например, при пропуске паводка через водосбросные сооружения) наблюдения проводят чаще и более тщательно. Кроме того, независимо от установленных сроков плотину и прилегающие к ней участки осматривают во время и после бурь, сильных ливней и продолжительных дождей.

Обычно проводят следующие **регулярные наблюдения** за [19, 20]:

- уровнями воды в верхнем и нижнем бьефах, в залитых прудах и в водоснабжающей системе;
- расходами воды через водозаборные, водовыпускные и водосбросные сооружения;
- фильтрацией воды через тело плотин и дамб, в местах сопряжения их с другими сооружениями и в основании плотин и дамб;
- размывами русла в верхнем и нижнем бьефах;
- разрушением креплений откосов плотин, дамб и каналов;
- появлением трещин в бетонных частях сооружений;
- деформацией сооружений или отдельных их частей.

Состояние крепления верховых откосов определяют по зазорам между камнями, просадкам крепления, деформациям и разрушениям плит, расхождениям и деформациям швов, оползаниям или перемещениям плит и т. п. Низовые откосы характеризуются состоянием травяной растительности, повреждениями землеройными животными, размывами и деформациями.

При визуальных наблюдениях обращают внимание на *состояние ливнесбросной сети*. Возможно ее засорение, заиливание, зарастание, разрушение, деформация лотков, кюветов и водосбросных канав. Наличие открытых трещин, подвижек и других деформаций, а также засорение лотков, расположенных на откосах, во время ливня приводит к попаданию на откосы сосредоточенных токов воды, движущихся с большими скоростями, к значительным размывам, а иногда и разрушениям элементов сооружения.

Осматривают контрольно-измерительную аппаратуру (КИА), пикеты, створные знаки, другие контрольные приспособления и устройства, используемые при наблюдении и исследованиях. Определяют состояние канав, отводящих дренажные воды, берегов, оврагов в районе гидроузла. В некоторых случаях в этих местах возникают явления, вызванные фильтрационным потоком и отрицательно влияющие на работу отдельных элементов сооружений.

Наблюдения за *фильтрацией* очень важны для контроля прочности и устойчивости отдельных элементов грунтовых плотин. К наиболее опасным явлениям, которые могут быть зафиксированы при визуальных наблюдениях, относятся:

- выход фильтрационных вод на откос, в береговых примыканиях, выше дренажных устройств (дренажной призмы);
- выпор грунта из-под сооружения за низовым откосом;
- появление мутной профильтровавшейся воды из основания в нижнем бьефе;
- ощутимые просадки, образуемые в зонах усиленной суффозии;
- образование значительной фильтрации в виде свищей, грифонов, ключей.

При определении характера внешней фильтрации пользуются следующими понятиями [15]:

- **мокрые пятна** - слабая фильтрация в виде пятен на сухом грунте;
- **просачивание** - слабая фильтрация в виде отдельных капель, ска-

ывающихся по откосу, или незначительных лужиц на поверхности грунта;

- **протечки** - фильтрация в виде слабых струй воды, выходящих из грунта, или лужиц;
- **свищи** - появление сосредоточенной фильтрации в виде отдельных струй, выходящих из тела плотины или на контакте грунтового сооружения с бетонным;
- **грифоны** - то же, но в виде небольших фонтанчиков смеси несвязанного грунта с водой («кипение» грунта), могут наблюдаться за пределами низового откоса, в зоне выхода фильтрационных вод из основания сооружения;
- **ключи** - выходы сосредоточенной фильтрации в виде отдельных струй воды на берегах, откосах, котлованах, в «сухом» русле нижнего бьефа или за низовым откосом плотины на склонах.

В местах сосредоточенной фильтрации устраивают незначительные канавки для отвода и измерения расхода профильтровавшейся воды (мерными устройствами, поплавками или визуально). При этом обращают особое внимание на появление в фильтрате мутных струек, глинистых частиц, отложений песка. Для фиксирования отложений, выносимых из тела сооружения, за канавкой устраивают небольшой отстойник.

На основании визуальных наблюдений составляют план текущего, а в необходимых случаях и капитального ремонта. Если же визуально установлено прогрессивное распространение деформаций, угрожающих устойчивости плотины или отдельных ее частей, ремонтно-восстановительные работы производятся немедленно дежурными бригадами рабочих под руководством технического персонала эксплуатационного штата.

Инструментальные наблюдения осуществляются при помощи контрольно-измерительной аппаратуры, местоположение которой дают в проекте, а установку выполняют в процессе возведения плотины или перед началом заполнения водохранилища водой. Строительная организация закладывает контрольно-измерительную аппаратуру и передает ее службе эксплуатации по акту одновременно со сдачей законченного объекта [15].

Инструментальные наблюдения и записи по ним проводятся регулярно в установленной последовательности по заранее составленной программе или инструкции. Периодичность наблюдений устанавливается проектом или инструктивными указаниями и корректируется исходя из местных условий.

Инструментальные наблюдения за режимом водохранилища сводятся к измерению уровней воды в данный момент при помощи водомерных реек или самописцев, уровней-лимниграфов. Устанавливать эти приборы нужно в местах, защищенных от волнобоя и воздействия льда, с удобными подходами для снятия показаний и отсчетов.

Основные уровни воды в водохранилище четко обозначают на рейках яркой краской - черта должна быть хорошо видна на расстоянии. Нуль отсчета приборов, от которого измеряют уровень воды, размещается ниже отметки мертвого объема. Это дает возможность всегда оперировать положительными числами. Отсчеты по рейкам и лимниграфам переводят в абсолютные или относительные отметки, принятые для всех частей плотины. Для этого нуль отсчета измерительных приборов привязывают двойной нивелировкой к опорному реперу. Контроль за положением нуля отсчета осуществляется не реже одного раза в месяц.

Наблюдения за *уровнями воды в водохранилище* проводятся ежедневно в одни и те же часы. Особенно часто (каждые 2 ч) ведут наблюдения за уровнями во время пропуска паводковых вод через водосбросные сооружения.

К эксплуатации водохранилищ относятся и мероприятия по предупреждению быстрого *заиления мертвого объема*, особенно когда он небольшой. Эти мероприятия сводятся к [23]:

- запрещению распашки склонов на расстоянии менее 200 м от уреза воды и продольной распашки склонов за пределами этого расстояния;
- уходу за лесопосадками по периметру водохранилища, а в необходимых случаях и дополнительной их посадке;
- выполнению работ по закреплению действующих оврагов на водосбросной площади водохранилища.

Составной частью инструментальных наблюдений являются наблюдения за *фильтрацией* в теле и основании грунтовой плотины, а также за фильтрационными напорами в отдельных точках плотины и сооружениях, примыкающих к ней. Наблюдения осуществляются при помощи пьезометров, которые позволяют установить положение кривой депрессии в теле плотины, вычислить скорости и градиенты фильтрационного потока на отдельных участках, а в напорном потоке установить пьезометрические давления. По назначению пьезометры подразделяются на глубинные, точечные и шахтные. Независимо от конструктивных особенностей и назначения они состоят из

следующих основных частей: водоприемника с фильтром, трубы пьезометра, устья и концевого устройства-сборника.

Для наблюдения за положением кривой депрессии в теле грунтовой плотины применяют шахтные пьезометры, выполняемые из металлических газовых труб диаметром 50 мм. Нижняя часть пьезометра - сборник длиной 200-300 мм - является емкостью для осаждения прошедших через фильтр мелких частиц грунта. Торец трубы концевого устройства закрыт резьбовой крышкой с приваренной к ней тарелкой (диском). Труба пьезометра выше сборника, по длине в пределах возможного изменения кривой депрессии, перфорирована [20].

Круглые отверстия диаметром 8-10 мм расположены в шахматном порядке через 100-120 мм. В пределах перфорированной части трубы устроен фильтр подобно тому, как это сделано в скважинах водоснабжения.

Пьезометр опускают в пробуренную скважину большего диаметра, с обсадными трубами. На дно скважины слоем 15-20 см насыпают промытый гравий с диаметром зерен 0,8-1 мм. Отметка верха гравийной насыпи должна соответствовать расчетному положению низа пьезометра. Кольцевое пространство между фильтром и обсадной трубой засыпают просеянным песком с диаметром частиц 1-2 мм. Выше фильтра кольцевое пространство засыпают грунтом тела плотины с ручным тщательным уплотнением. Засыпку и уплотнение грунта после установки пьезометра ведут небольшими ступенями, постепенно поднимая обсадные трубы.

Размещение пьезометров по поперечному профилю грунтовой плотины дается в проекте.

Количество пьезометрических створов принимают исходя из протяженности плотины по гребню, состава грунта тела плотины и геологических условий основания. Створы располагают в наиболее характерных профилях плотины. Расстояние между створами допускают не более 100 м. В отдельных случаях при длинной плотине и однотипности профиля и грунтов основания это расстояние может быть увеличено до 200-300 м. Для плотин, длина которых не превышает 300 м, принимают три створа и редко ограничиваются двумя. В каждом створе однородной грунтовой плотины устанавливают не менее трех пьезометров. С повышением класса плотин и наличием сложного грунтового строения основания количество пьезометров увеличивают и доводят до пяти и больше.

Пьезометры устанавливают в местах предполагаемого перелома депрессионной кривой. Первый пьезометр располагают по вертикали, проходящей через бровку верхового откоса, а последний - на расстоянии 1-5 м от подошвы низового откоса непосредственно за дренажем. Шахтные пьезометры устраивают после возведения насыпи [16].

Для плотин с противифльтрационными препятствиями типа экранов и понуров, а также в однородных плотинах, когда требуется установить положение пьезометрического уровня в зоне, примыкающей к верховому откосу, устройство шахтных пьезометров затруднительно. В таких случаях применяют пьезометры ломаного очертания, состоящие из наклонной части и стояка. Фильтровую часть пьезометров, обычно точечных, размещают в начале наклонного участка и подводят к заранее выбранной точке, а стояк располагают в таком месте, где его устье удобно вывести на поверхность плотины. Ломаные пьезометры устанавливают в процессе возведения плотины.

Верхняя часть пьезометра располагается над поверхностью земли. Для защиты выступающей части трубы от деформаций и предотвращения проникновения загрязненной воды по стыку трубы с грунтом верхняя ее часть заделывается в бетонную подушку. Оголовки пьезометров малого диаметра размещают в патрубке-колодце, сверху закрываемом крышкой с замком. Каждый пьезометр нумеруют, для чего на лицевой стороне крышки выбивается номер. Периодически пьезометры прочищают и проверяют работу фильтра путем откачки воды. По скорости восстановления уровня воды делают вывод о его заилении. Пришедшие в негодность пьезометры заменяют новыми.

Для замера уровней воды в пьезометрах применяют хлопушки, лот-свистки, поплавки с противовесом и электроконтактные приборы. Эти измерительные приборы подвешивают и опускают в трубу пьезометра на тонком шнуре или стальной ленте, которые служат одновременно и мерными устройствами для определения расстояния от фиксированной точки на обрезе трубы до уровня воды в пьезометре. Наиболее широко распространен лот-свисток, по которому точность измерения равна 1 см. Лот-свисток представляет собой пустотелый цилиндр из нержавеющей стали длиной 170-180 мм, диаметром 40-45 мм. По длине цилиндра на расстоянии 10 мм друг от друга расположены тарелочные кольцевые желобки. Верхняя часть

лот-свистка закрыта пробкой, в которой прорезана щель. Выше этой пробки навинчен малый гладкий цилиндр длиной 45 мм с косым срезом, примыкающим к щели. Щель и косой срез вместе представляют собой воздушный свисток. Лот-свисток прикрепляется к шнуру или ленте и опускается в трубу пьезометра обычно при помощи рулеточного устройства. При погружении нижней части лот-свистка в воду происходит вытеснение воздуха из цилиндра и воздушный свисток дает звуковой сигнал. В этот момент по мерной ленте берут отсчет и определяют расстояние от постоянной занивелированной точки на трубе до точки подвеса прибора. К этому расстоянию прибавляют заранее известную длину лот-свистка с учетом части, погруженной в воду. Абсолютные и относительные отметки уровней воды в пьезометре вычисляют с учетом полученного превышения над фиксированной точкой на трубе, которая связывается двойным нивелировочным ходом с опорными реперами.

Наблюдения за уровнем воды в пьезометрах начинают с момента наполнения водохранилища и в первые два года эксплуатации проводят через 5-10 дней, в последующие годы реже (один раз в 15 дней), а для неотчетливых плотин - один раз в месяц. Во всех случаях, когда замечено повышение кривой депрессии против ранее стабилизированной, наблюдения за положением уровней воды в пьезометрах производят чаще. Одновременно выясняют причину такого отклонения и выполняют аварийные работы, обеспечивающие снижение уровня до стабилизированного.

При помощи контрольно-измерительной аппаратуры ведут наблюдения за *вертикальной осадкой тела плотины и основания*. Горизонтальные деформации плотин редко наблюдаются службой эксплуатации, такую работу выполняют обычно лишь по программе научно-исследовательских организаций. Наблюдения за вертикальной осадкой производят путем нивелирования контрольных реперов, установленных в основании плотины и по внешнему ее контуру. Для определения суммарной осадки тела плотины и основания служат поверхностные реперы, а для осадки только основания - глубинные. Для замера послойной осадки применяют телескопические реперы, установленные в теле плотины на различных высотах [20].

Поверхностные реперы размещают на гребне плотины, откосах и у подошвы основания. Глубинные реперы закладывают в основании плотины перед началом ее возведения. Поверхностный репер представляет собой

бетонный массив, внутри которого находится труба с крестообразно приваренными к ней коротышами. Верх трубы возвышается над бетонным массивом и закрывается резьбовой крышкой, которая и служит нивелировочным знаком. Для предотвращения повреждений от внешних воздействий верхнюю часть трубы устанавливают ниже поверхности земли в трубе-люке, закрываемой сверху крышкой. При установке таких реперов в маловодопроницаемых грунтах под бетонным массивом укладывают дренаж из песчано-гравелистой смеси, от которой должен быть обеспечен свободный отвод воды.

Глубинные реперы состоят из металлической или железобетонной плиты размером в плане 1,5х1,5 м, на которую опирается трубчатая штанга, заключенная в защитную трубу с телескопическими звеньями. Верх глубинного репера, подобно верху поверхностного, заключают в трубу-люк. Устройство глубинных реперов при возведении тела плотины сопряжено с неудобствами производственного процесса, связанного с уплотнением грунта и наращиванием звеньев защитных труб и штанги. Более приемлемым является метод отдельного выполнения репера, когда вначале закладывают плиту, а после окончания земляных работ в теле плотины над центром плиты бурят скважину и устанавливают остальную часть репера. Однако отдельное выполнение глубинных реперов не позволяет осуществлять контроль за вертикальными осадками в процессе возведения плотины.

Размещают поверхностные и глубинные реперы в створах с нормальным направлением к продольной оси плотины. Расстояние между створами принимают от 50 до 100 м, а при значительной протяженности плотины - до 200 м и более. Для плотин небольшой длины количество створов не должно быть меньше трех. Расстояние между реперами в створе принимают 10-12 м. Местоположение створов относят к сечениям наибольшей высоты плотины и участкам, имеющим различные геологические напластования.

Наблюдения за осадками по реперам в первые годы эксплуатации плотин проводятся через 15-30 дней, а для неотчетливых плотин - один раз в квартал. В последующие годы по мере стабилизации осадков наблюдения проводят реже. Наблюдения за осадкой поверхностных реперов позволяют установить соответствие отметки гребня плотины проектному положению. Если в результате наблюдений будет установлено, что гребень опустился ниже проектной отметки, принимают эксплуатационные меры по наращиванию

высоты плотины, при этом работа должна быть закончена до очередного наступления половодья.

Ответственность за состояние, сохранность, работу и правильное использование гидротехнических сооружений несут руководители рыбохозяйственных предприятий [15].

Для охраны гидротехнических сооружений и обеспечения их нормальной работы необходимо не допускать на территорию хозяйства посторонних лиц; запретить прогон скота по плотинам и дамбам во избежание их повреждения, а также проезд по гребням плотин и дамб, если он не предусмотрен проектом; не допускать сбрасывания в пруды сточных вод, мусора во избежание их загрязнения [16].

Наполнять водой вновь построенные пруды рекомендуется не раньше, чем через 2-3 месяца после их возведения, так как преждевременное наполнение их до окончания основной осадки плотин и дамб может привести к трещинам, просадкам и оползанию откосов.

После спуска летних прудов проводят мероприятия по осушению его ложа: засыпают грунтом места, где застаивалась вода, очищают откосы пруда, осушительные и сбросные каналы, прочищают рыбную яму и рыбоуловители. Щитки сбросных водоспусков спущенных прудов должны быть полностью открыты во избежание скопления воды.

Зимой уход за гидросооружениями состоит в систематическом наблюдении за ними, в околке льда у затворов головных водоспусков, водоприемников, аэраторов и сбросных сооружений зимовальных прудов.

Во избежание промерзания дренажные устройства перед наступлением морозов утепляют мхом, снегом и пр.

Перед началом эксплуатации зимовальных прудов производят их пробное наполнение для промывки и проверки исправности гидротехнических сооружений. После заполнения зимовальных прудов необходимо отрегулировать подачу воды в них и сброс ее так, чтобы проточность воды соответствовала заданной, так как чрезмерный водообмен в зимовальных прудах приводит к ухудшению температурного режима, а замедленный - вызывает кислородное голодание рыб.

После проверки на месте правильности указанных дефектов специальная комиссия составляет акты, в которых указывает необходимость производства ремонтных работ и стоимость их проведения.

Все работы после их окончания подлежат осмотру и приемке комиссией с составлением актов по соответствующей форме, в которых указывают фактически выполненные объемы, качество и стоимость работ, их соответствие характеру и стоимости, предусмотренной в документации.

18.1 Ремонт гидротехнических сооружений

Сроки службы гидротехнических сооружений, утвержденные в качестве нормативов, рассчитаны на нормальную эксплуатацию сооружений, в которой предусмотрено своевременное проведение ремонтных работ. В зависимости от объема и характера выполняемых работ различают аварийный, профилактический, текущий и капитальный ремонты [15, 20].

Аварийный (срочный) ремонт является внеплановым. Его проводят в тех случаях, когда плотина или часть сооружения получили местное разрушение и есть опасение его дальнейшего распространения, в результате чего возможна потеря устойчивости всего сооружения. Выполняется аварийный ремонт немедленно после того, как такое разрушение обнаружено.

Профилактический ремонт заключается в проведении защитных мероприятий, исключающих возможность появления тех или иных деформаций или отдаление срока наступления их до того времени, когда будут проведены текущий или капитальный ремонты.

Текущий ремонт производят периодически (например ежегодно), относится к плановому. Необходимость таких работ обычно устанавливают на основе визуальных и инструментальных наблюдений. Текущий ремонт выполняют по календарному графику, составляемому на каждый год. К текущему ремонту относятся следующие работы: устранение оползней откосов, подсыпка гребня плотины, расчистка каналов, мелкие исправления полов флютбетов, щитков, решеток, служебного мостика и др.

Капитальный ремонт всего сооружения или отдельных его частей производят в случаях, когда текущим ремонтом дефекты устранить нельзя, а они могут сильно ухудшить эксплуатационные качества сооружения. В ходе ремонта производят устранение серьезных и крупных повреждений. К капитальному ремонту относятся работы по устранению подмыва флютбета; замене устоев и бычков; устранению фильтрации с выносом грунта и оползней откосов; восстановлению отдельных частей сооружения и его реконструкции.

Капитальный ремонт крупных сооружений осуществляют по техническим проектам, составленным на основании предварительных исследований. Ведение капитальных работ производится, как правило, при сработавшем уровне воды в водохранилище. Все работы, связанные с капитальным ремонтом, выполняет строительная организация. Законченные работы принимает комиссия (так же, как и новые объекты).

Средства на капитальный ремонт отчисляет рыболовное хозяйство как некоторый процент от первоначальной стоимости сооружений. Стоимость текущего ремонта составляет не более 10 %, капитального - от 10 до 50 % стоимости сооружения. Если на ремонт сооружения требуются затраты, превышающие 50 % его стоимости, ремонт производить нецелесообразно, и сооружение следует построить заново.

Обычно текущий ремонт гидротехнических сооружений проводят ежегодно, а капитальный - через 5-10 лет.

Все усилия службы эксплуатации должны быть, в первую очередь, направлены не на ликвидацию последствий возможных разрушений, а на их предупреждение. Своевременное устранение причин, в результате которых происходит разрушение, - это наиболее надежный путь обеспечения нормальной работы плотины и других гидротехнических сооружений.

18.2 Повреждения земляных гидротехнических сооружений и их устранение

Перечислить все причины, влияющие на устойчивость сооружений, составить перечень возможных деформаций практически невозможно. Можно привести наиболее характерные деформации, указать причины их появления и дать проверенные практикой способы их предупреждения и устранения [8, 9].

Повреждение покрытия - основной вид деформаций на верховом откосе плотины. Причины - волновое воздействие и фильтрационные силы. Это является следствием как некачественных строительных работ, так и местных превышений сил по сравнению с расчетными в проекте, а также отступлений от инструктивных указаний по режиму работы водохранилища. Разрушенные участки покрытия верхового откоса обычно восстанавливают по той же конструкции, которая принята в проекте. Если же локальные разрушения от волнового воздействия захватывают все новые и новые

участки, а восстановленные места вновь разрушаются, можно предположить несоответствие типа покрытия и его размеров волновым воздействиям. В этом случае следует провести контрольные расчеты и определить толщину покрытия с учетом фактически наблюдаемых параметров ветровых волн и дальнейшее исправление производить с учетом внесенных коррективов.

При исправлении поврежденных участков старое разрушенное покрытие удаляют, после чего восстанавливают фильтровую подготовку, фракции которой должны соответствовать расчетным значениям, и по спланированной подготовке укладывают новое покрытие. Особенно тщательно выполняют работы по линии стыка старого покрытия с новым, приурочивая их к деформационным швам [10, 13].

В покрытиях из железобетонных плит на ремонтируемых участках целесообразнее укладывать монолитные армированные бетонные плиты. Их проще выполнить как по условию сопряжения старого покрытия с новым, так и по производственным условиям, учитывая, что не потребуются кранового оборудования и тщательности выполнения планировочных работ подготовки.

Когда разрушенные участки покрытия расположены под водой, на период ремонта приходится понижать уровень воды в водохранилище. Если же по каким-либо причинам сработку уровня воды осуществить невозможно, временное крепление разрушенного участка покрытия делают из каменной наброски. В дальнейшем, когда уровень воды в водохранилище понизится, ремонтные работы выполняют «насухо».

В покрытиях верховых откосов железобетонными плитами нередко появляются *трещины*. В них потенциально заложены причины дальнейшей деформации откоса. Причины - температурно-осадочные явления, неравномерная осадка грунта откоса и внешние силовые воздействия [20].

Появление трещин в железобетонных покрытиях легко обнаружить визуально. Каждую трещину берут под контроль, ее местоположение, геометрические размеры и зону распространения фиксируют в полевом журнале. Рост трещины устанавливают при помощи маяков или щелемеров. Простейший из них выполняют непосредственно на месте появления трещины из двух металлических цилиндрических стержней, заделанных в бетон плиты по обеим сторонам трещины.

Рост трещины при пользовании щелемером определяют систематическими измерениями расстояния между центрами закрепленных

стержней. Для измерения расстояния пользуются штангенциркулем или другими приборами, дающими возможность вести отсчеты с точностью до долей миллиметра.

Трещины в покрытиях могут быть сквозные и поверхностные. Глубина трещины определяется щупом или при помощи краски. В последнем случае в трещину вводят красящее вещество, которое окрашивает ее на всю глубину. После окраски в бетоне с одной стороны трещины пробивают лунку, в которой измеряют глубину распространения краски и, следовательно, глубину самой трещины. Если рост трещины прекратился, то ее заливают асфальтовой мастикой, и она превращается в дополнительный деформационный шов.

На устойчивость и прочность покрытия верхового откоса влияет *ледовый режим* водохранилища. Воздействие льда на грунтовую плотину бывает динамическое, статическое и вырывающее (в результате припая льда к покрытию). *Динамическое* воздействие льда на откосы водохранилищных плотин незначительно, так как лед движется только в результате ветрового нагона. *Статическое* давление льда за счет изменения температуры хотя и большое, но в силу того, что прочность льда гораздо меньше прочности материала покрытия, разрушение за счет этой силы не происходит. Устойчивость самой плотины против сдвига обеспечивается, так как суммарные реактивные силы значительно превосходят силы статического давления льда. Наиболее опасным воздействием льда является его *вырывающее действие* вследствие припая кромки льда к поверхности покрытия. Во время повышения уровня воды в водохранилище ледовый покров всплывает, и покрытие с примерзшим к нему льдом может быть вырвано. При понижении уровня воды в водохранилище также появляется сила, стремящаяся вырвать покрытие [10, 14].

Можно исключить силу воздействия припая, если на всем протяжении по линии контакта льда и покрытия выполнить майну, поддерживая ее незамерзающей в течение всего периода ледостава.

Наличие майны позволяет ледовому покрову свободно перемещаться вверх и вниз и, таким образом, избежать воздействия льда на покрытие.

Избыточная фильтрация в плоскости основания плотины или дамбы возникает вследствие плохой подготовки основания при строительстве. Уменьшают фильтрацию путем устройства глиняного экрана, замка и понура с напорной стороны сооружения и устройства дренажа с низовой стороны.

Низовой откос плотины не в меньшей степени подвержен деформациям, чем верховой. Основными факторами, влияющими на устойчивость низового откоса и его крепление, являются атмосферные воздействия и фильтрационный поток в теле плотины.

Деформация низового откоса проявляется в общей потере устойчивости или в местных разрушениях. В первом случае это происходит из-за подъема кривой депрессии и, как следствие, увеличения фильтрационной силы, а также снижения реактивных сил в толще насыпи. Изменение положения кривой депрессии устанавливается по наблюдениям за уровнями воды в пьезометрах. Причиной повышения кривой депрессии может быть засорение и кольматаж дренажа, его недостаточная пропускная способность, деформации в результате значительной неравномерной осадки основания, а также закупорки отверстий дренажа [20].

Дренажи по типу призмы или комбинированные менее подвержены расстройству. Выход из строя приемной части в таких дренажах не ведет к выключению всего дренажа, так как в работу вступают соседние участки и при этом происходит незначительное повышение кривой депрессии. Трубчатые дренажи этим свойством не обладают, а в случае выхода из строя приемной части требуют капитального ремонта. Трудоемкость выполнения таких работ очевидна, особенно при глубоком расположении приемной части дренажа в теле плотины.

Местные деформации низового откоса могут происходить в результате выпадения ливней, переувлажнения грунта, появления сосредоточенных выходов грунтового потока на откос, а также при наличии ходов, оставляемых землеройными животными.

Одним из основных условий обеспечения устойчивости низового откоса является быстрый отвод поверхностных вод. Это достигается системой сбросной сети, состоящей из кюветов и лотков. Основная задача отводящей системы состоит в том, чтобы она в любое время могла принять и отвести поверхностные воды, поступающие на откос.

Особое внимание следует обратить на очистку кюветов и лотков в весенний период, перед началом таяния снега. Снежный покров с откосов плотины в зимний период удалять не рекомендуется, так как это вызывает более глубокое промерзание грунта и переувлажнение при оттаивании. Расчистка снега допустима только на тех участках откоса, за которыми

проводятся регулярные наблюдения, или в местах установки КИА. Но и в этом случае оголенные места полезно утеплять, покрывая их матами из камыша или каких-либо волокнистых материалов.

Переувлажнение грунта низового откоса может образоваться и в результате высокого травостоя, если откос крепится залужением: высокий травостой способствует задержанию дождевых вод, их впитыванию в грунт и переувлажнению откоса. Поэтому траву нужно периодически скашивать и удалять.

Появление сосредоточенных очагов фильтрации на низовом откосе представляет большую опасность для его устойчивости. Особенно это относится к очагам, в которых наблюдается вынос частиц грунта тела плотины (результат суффозионного процесса). Практической мерой, предупреждающей деформацию откоса, в этом случае является устройство наклонного дренажа, после чего устанавливается причина появления выхода грунтового потока на откос и принимаются меры по ликвидации очага, предупреждению появления подобных очагов в соседних местах.

Большой вред для низового откоса приносят *ходы землеройных животных*. Фильтрационный поток, попадая в такие ходы, движется с большими скоростями, в результате чего происходит размыв стенок и вынос грунта за пределы плотины. Из-за этого неизбежны просадки откоса и дальнейшее его разрушение. Обнаруженные ходы следует заполнять грунтом, а глубоко расположенные заливать глинистым раствором с цементом под напором. При обнаружении ходов эксплуатационные мероприятия должны быть направлены, прежде всего, на уничтожение животных химическими способами борьбы [20].

В грунтовых плотинах и дамбах серьезным и опасным повреждением являются различного рода *трещины на гребне и откосах*. Такие трещины создают условия для появления сосредоточенного движения воды, а впоследствии - прорыва плотины. Причиной их образования бывает неоднородность грунта в различных частях плотины, недостаточное уплотнение, неправильное сопряжение тела плотины с берегами и морозное воздействие на грунт. По расположению в плане различают трещины продольные и поперечные. Особенно опасны поперечные трещины, так как они могут послужить причиной возникновения промоины и размыва тела плотины.

Любую трещину независимо от ее величины, местоположения и зоны распространения немедленно заделывают. Продольные трещины заделывают грунтом того же состава, что и само тело плотины. Для этого по направлению трещины отрывают траншею трапецеидального профиля с заложением откосов не менее 0,5. Длину траншеи принимают больше длины трещины примерно на 1 м с каждой стороны, а глубину - на 0,3-0,5 м ниже основания трещины. Ширина траншеи принимается для удобства ее выполнения и последующего заполнения грунтом, но не менее ширины трещины с запасом на обе стороны по 0,3-0,5 м. Грунт укладывают в траншею горизонтальными слоями толщиной в рыхлом состоянии не более 0,15 м с тщательным ручным трамбованием, так как применять какие-либо уплотняющие механизмы из-за ограниченности площади нельзя.

При заделке глубоких трещин, расположенных близко к верховому откосу, когда уровень воды в водохранилище стоит высоко, есть опасность поступления воды в траншею. Поэтому на период ремонта необходимо снижать уровень воды в верхнем бьефе или укладывать по верховому откосу пластырь для уменьшения поступления воды в траншею.

Поперечные трещины заделывают так же, как и продольные, с той лишь разницей, что со стороны верхового откоса при высоком стоянии уровня воды в водохранилище приходится устраивать шпунтовое ограждение в виде коробки. При заделке глубоких трещин устраивают замок, располагая его перпендикулярно трещине в пределах гребня плотины.

Оползание откосов происходит при их большом уклоне, не соответствующем характеру грунта, или при выходе на низовой откос фильтрационной воды, сопровождающемся суффозией. Для устранения этого дефекта поверхность оползающего откоса очищают от дерна, разрыхляют и досыпают с утрамбовкой так, чтобы уклон откоса соответствовал характеру грунта. При большой величине подсыпки поверхность откоса необходимо предварительно обработать в виде зубцов. Грунт насыпают, начиная от подошвы, горизонтальными слоями толщиной 0,15-0,25 м по всей длине ремонтируемого откоса, с тщательным уплотнением каждого слоя.

В том случае, когда оползни откосов вызваны фильтрацией, до подсыпки надо заложить продольный дренаж с отводом воды поперечными дренами за пределы откоса. Для устранения выхода фильтрационной воды на откос можно произвести досыпку откоса с устройством бермы. После досыпки

откоса производят его укрепление.

Недостаточный сухой запас высоты гребня плотины или дамбы над уровнем воды в пруду наблюдается вследствие плохой утрамбовки грунта насыпи или недостаточного запаса на осадку. В этом случае гребень плотины или дамбы досыпают грунтом с утрамбовкой до необходимой отметки.

Разрушение и деформация откосов волнобоем наблюдаются вследствие недостаточного крепления. На разрушенные места откосов подсыпают грунт с уплотнением и планировкой, а затем строят надежное крепление.

Нарушение нормальной работы дренажа в земляных плотинах происходит вследствие засорения дренажных труб, заиления фильтрующей обсыпки и пр. Происходит просадка грунта, заиление смотровых колодцев и застой воды в них. В этом случае необходимо прочистить дренажные трубы и промыть фильтрующую обсыпку. Если дренаж расположен глубоко в теле сооружения и его прочистить невозможно, устраивают новую, более надежную дренажную систему.

Повреждения водоснабжающих и сбросных систем. К ним относятся преимущественно размыв откосов и дна каналов, оползни откосов, заиление и зарастание каналов [20].

Размыв откосов каналов происходит вследствие увеличения скоростей течения в канале и несоответствия крепления каналов этим скоростям. При размыве канала на всем его протяжении вследствие большого продольного уклона для ликвидации размыва устраивают более прочную облицовку или делают перепады.

Размыв откосов каналов часто наблюдается на закруглениях трассы канала вследствие увеличения скоростей у вогнутого берега. Для предотвращения разрушения откос канала в этих местах покрывают соответствующим креплением.

Если откос канала размывается стекающими на него поверхностными водами, их задерживают путем устройства нагорных канав или кавальеров.

Оползание откосов каналов устраняют подчисткой откоса до уклона, допустимого для данного вида грунта.

Заиление каналов устраняют путем регулярной очистки, *зарастание* - путем периодического выкашивания растительности.

При значительной *фильтрации воды* из каналов применяют глинизацию, кольматаж и устройство экранов из полимерных пленок.

Повреждения бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений и их устранение

В бетонных и железобетонных сооружениях по мере увеличения сроков их службы наблюдается образование трещин, увеличение пористости, выщелачивание свободной извести, что может привести к фильтрации и потере прочности этих сооружений.

Трещины в бетонных сооружениях появляются в результате неравномерной осадки сооружений, неравномерного твердения бетона, неодинакового температурного режима отдельных частей сооружения и пр.

Для прекращения фильтрации воды по трещинам их необходимо зацементировать под давлением. Цементацию производят через скважины, пробуренные в направлении, пересекающем трещины. При наличии пористого бетона фильтрацию воды устраняют путем устройства экранов.

Трещины в бетонных конструкциях, образовавшиеся в результате неравномерного температурного режима отдельных частей, можно заделывать битумом или каким-либо другим эластичным материалом.

При большом количестве трещин, расположенных близко одна от другой, на поверхность сооружения накладывают маски в виде железобетонных плит, стальных листов, защищенных от коррозии бетоном, и асфальтобитумных покрытий. При устранении дефектов бетонных поверхностей могут быть использованы полимеры, которые склеиваются с бетоном.

Выбоины появляются на устоях и опорах водосбросных сооружений после пропуска паводка и ледохода. Выбоины необходимо очистить, произвести насечку поверхности и забетонировать. После бетонирования выбоины поливают водой и покрывают влажными опилками.

Нарушение швов в бетонных сооружениях может привести к сильной фильтрации воды, поэтому необходимо сразу же восстановить водонепроницаемость нарушенного шва.

Иногда вследствие неисправности отдельных частей может быть повреждена вся бетонная конструкция. Так, при отсутствии противофильтрационного покрытия водопроводящей части донного водоспуска происходит фильтрация вдоль нее, что приводит к просадке дамбы и выходу из строя всего сооружения. В таких случаях приходится вскрывать дамбу и восстанавливать все сооружение.

На водоснабжающей системе нарушения стыков между звеньями железобетонных и асбестоцементных труб могут возникнуть вследствие подвижности отдельных звеньев, поэтому необходимо следить за устойчивостью опор трубопроводов.

18.3 Организация эксплуатационных работ

Отличительной особенностью ремонтно-эксплуатационных работ является значительный удельный вес объемов по подсыпке дамб и плотин прудов, уширению и углублению каналов, выборочной планировке ложа и удалению растительности с мелководий прудов, а также с откосов каналов. В осенне-зимний период, как только образуется мерзлая корка толщиной не менее 0,2 м, все необходимые машины выводятся в ложе прудов для их планировки, устройства и очистки рыбосбросно-осушительных каналов и удаления грубой водной растительности вместе с корневищами с мелководных зон водоемов. Для этого камыш и тростник выжигают с предварительной повалкой его волокушей из бревен или рельсов. Затем вспахивают мелководные участки кустарниково-болотным плугом, дискуют тяжелыми дисковыми боронами и боронуют. Собранные в кучи при бороновании корневища после подсыхания сжигают [15].

Ненужные рыбосборно-осушительные каналы глубиной до 0,5 м засыпают грунтом прирусловых валов или запахивают по специальной технологии. Более крупные каналы засыпают привозным грунтом, доставляемым на место производства работ автосамосвалами или тракторными тележками из карьеров. Иногда используют грунты из отвалов строящегося нового канала.

В этот же период проводят ремонт дамб, плотин, каналов, бетонных и каменных водопропускных сооружений. На деформированных участках дамб, плотин и каналов ликвидируют просадки, промоины и размывы, применяя засыпку грунта и соответствующие укрепления. В местах обвалов расчищают откосы и углубляют каналы до требуемых глубин, дно их на всем протяжении очищают от слоя наносов. На углубляемых и размывших участках каналу и дамбе придают трапецеидальное сечение с равными или переменными откосами. Подсыпку грунта иногда производят с местным креплением откосов, например каналов, при помощи деревянной, плетневой или

железобетонной стенки и дамб отсыпкой камня или укладкой железобетонных плит. При восстановлении поперечных сечений дамб и каналов работы ведут таким образом, чтобы сохранить возможно большую часть одернованных и устоявшихся откосов. Если на водоподающих и сбросных каналах имеются участки с отметками дна и откосов ниже проектных, то эти места целесообразно оставить без изменения. В противном случае отсыпанный в канал грунт размокнет и оползет. Вследствие этого уменьшится сечение канала. Работы по ремонту дамб, каналов и рек ведут механизированным способом. Механизированную очистку каналов и рек рыбоводных предприятий затрудняет разнообразие естественно-производственных условий, обилие типоразмеров русел каналов и рек, имеющих чаще всего неправильную геометрическую форму. Очистка осложняется еще тем, что на каналах имеются мосты, переезды и другие гидротехнические сооружения, а вдоль трассы встречаются древесные насаждения.

18.4 Организация работ при пропуске паводка

Период прохождения паводка - один из напряженных и ответственных периодов эксплуатации гидротехнических сооружений в рыбоводных хозяйствах, так как в это время необходимо пропустить наибольшие расходы и за короткий срок сбросить значительную часть поверхностного стока. Пропуск паводка осложняется тем, что он совпадает с периодом ледохода. Повышенные нагрузки приводят к размывам и повреждениям отдельных гидротехнических сооружений, а при их неисправности - к авариям [20].

При подготовке к весеннему паводку необходимо получить гидрометеорологический прогноз ожидаемого паводка (его сроки, время наибольшего расхода воды, высота подъема воды и пр.).

На основании полученного прогноза составляют план организационно-технических мероприятий по пропуску паводка через сооружения. При подготовке к пропуску паводка необходимо:

- произвести осмотр и составить заключение о состоянии гидротехнических сооружений головного узла и крепления нижнего бьефа;
- закончить ремонтные работы сооружений, пропускающих паводковые воды, а также попадающих в зону паводковых вод;
- проверить надежность работы затворов с подъемными механизмами

на паводковых водосбросах;

- очистить сооружения головного гидротехнического узла, а также водоподающие каналы от снега и льда;
- подготовить и подвести к гидротехническому узлу аварийные материалы, инструменты, механизмы и транспортные средства;
- обеспечить электроосвещение головного узла;
- составить график дежурств аварийных бригад.

Во время пропуска паводка необходимо обеспечить проход льда через сооружения. Лед пропускают через водосбросные сооружения при полностью открытых щитах. Льдины, размеры которых больше ширины отверстия в сооружении, размельчают. При отсутствии ледорезов применяют специальные ледорезные машины, взрывные работы и пр.

После пропуска паводка все сооружения тщательно осматривают и при наличии неисправностей и повреждений составляют ведомость дефектов с указанием необходимых мероприятий по приведению сооружения в исправное состояние.

Документация. Для организации правильной технической эксплуатации рыбоводных предприятий внутрихозяйственной службе эксплуатации необходимо иметь следующую документацию [15]:

- акт приемки рыбоводного предприятия, части его, зданий и сооружений в постоянную эксплуатацию;
- утвержденный проект, по которому построено рыбоводное предприятие, с пояснительной запиской, паспортом, генпланом, рабочими чертежами, проектом организации строительства и производства работ, сводными и объектными сметами и локальными сметами и сметными расчетами к ним, а также отчеты об инженерных изысканиях;
- схему рыбоводного предприятия в границах землепользования в масштабе генплана с нанесенными на ней всеми зданиями и сооружениями, предусмотренными проектом (каждое здание и сооружение на схеме должно иметь свой номер и паспорт по утвержденной форме; должны быть показаны все отклонения от технического проекта);
- акты на скрытые работы, продольные и поперечные профили дамб, каналов и рек;
- ведомости креплений откосов земляных сооружений с указанием мест, длины и типа креплений;

- ведомости, описания и технические паспорта гидрометрических постов и устройств;

- заводские инструкции по обслуживанию машин и оборудования;
- должностные инструкции для работников рыбоводного предприятия;
- журналы регистрации ознакомления эксплуатационного персонала с правилами по технике безопасности и производственной санитарии на рыбоводных предприятиях;

- правила технической эксплуатации рыбоводного предприятия, инструкции по технической эксплуатации рыбхозов и отдельных гидротехнических сооружений, а также аварийные инструкции;

- комплект действующих общегосударственных и ведомственных документов по проектированию, строительству и эксплуатации рыбоводных предприятий;

- акты и ведомости осмотров и ремонтов зданий и сооружений, так как каждое здание и сооружение обследуется после определенных этапов эксплуатации рыбоводного предприятия; обнаруженные при этом разрушения и повреждения вносят в дефектные ведомости (таблица 5), в которых по данным обмеров, геодезической съемки и вычислений указывают виды и объемы ремонтных работ, а также выявляют причины, вызывающие повреждение и разрушение сооружения и его частей и намечают меры по устранению этих причин.

Исправное состояние сооружений и увеличение срока их службы обеспечивается регулярным ремонтом. Контроль качества ремонтно-эксплуатационных работ, выполняемых подрядным способом, и руководство ремонтными работами при хозяйственном способе их выполнения возлагают на инженерно-технический персонал рыбоводного предприятия. При этом руководствуются III частью СНиП, действующими нормами и правилами по технике безопасности в строительстве и правилами техники безопасности и производственной санитарии на рыбоводных предприятиях и внутренних водоемах [20].

Таблица 5 – Дефектная ведомость (по Мамонтовой, 2012)

Наименование пунктов	Содержание пунктов
Номер пруда	
Наименование сооружения	
Описание повреждения	
Причина повреждения	
Наименование работ по ремонту сооружений	
Единица измерения	
Объем работ по ремонту	
Стоимость единицы, р.	
Общая стоимость работ, р.	
Наименование механизмов, необходимых для ремонта, их количество	
Методы производства работ по ремонту	

Отремонтированные объекты и сооружения сдают и принимают в эксплуатацию в соответствии с положениями и требованиями СНиП и правилами приемки в эксплуатацию законченных строительством объектов прудовых рыбоводных хозяйств комиссиями в составе: главный инженер территориально-производственного управления или объединения рыбного хозяйства-председатель; главный инженер по строительству, главный (старший) гидротехник и рыбовод рыбоводного предприятия - члены комиссии. Каждое сдаваемое в эксплуатацию сооружение осматривают. Просматривают проектную и исполнительную документацию, определяют ее полноту и правильность. Проверяют документацию по перенесению проекта в натуру, разбивку сооружений, журналы производства работ, акты на скрытые

работы. Обнаруженные при этом отклонения от проекта вносят в паспорт сооружения, в котором также указывают выполненные ремонтные работы и затраты по отдельным годам, дают предложения по улучшению работы сооружения.

Прудовые и озерные рыбоводные хозяйства проверяют пробным пуском по каналам и трубопроводам форсированного расхода воды и проводят наполнение прудов. Напорные трубопроводы из асбестоцементных труб согласно стандарту (СНиП 3.05.04-85) испытывают 2 раза. Трубопровод проверяют участками не более 1 км. За 1 сутки до испытаний его заполняют водой против уклона и постепенно создают напор, равный расчетному давлению (до 0,6 МПа) и повышенному на 0,3 МПа (при $H > 0,6$ МПа). Трубопровод принимают, если снижение напора за 10 мин. не превышает 0,05 МПа на 1 км его длины.

Результатом работы комиссии является акт приемки в эксплуатацию отремонтированных зданий и сооружений.

Список использованных источников

1. Аверкиев, А. Г. Бесплотинные водозаборные сооружения / А. Г. Аверкиев, И. И. Макаров, В. И. Синотин. - Л.: Энергия, 1969. - 162 с.
2. Айрапетян, Р. А. Проектирование каменно-набросных и каменно-земляных плотин / Р. А. Айрапетян. - М.: Энергия, 1968. - 295 с.
3. Боркин, Г.С. Справочник по рыбохозяйственной гидротехнике / Г.С. Боркин, Э.В. Гриневский, А.Д. Луньков. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 279 с.
4. Бетонные плотины (на скальных основаниях) / М. М. Гришин, [и др.] - М.: Стройиздат, 1975. - 350 с.
5. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников / А. С. Образовский, Н. В. Ереснов, В. Н. Ереснов, М. А. Казанский. - М.: Стройиздат, 1976. - 367 с.
6. Волков, Я. М. Гидротехнические сооружения / Я. М. Волков, П. Ф. Кононенко, Я. К. Федичкин. - М.: Колос, 1968. - 361 с.
7. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
8. Гидротехнические сооружения: в двух частях. Ч. 1: учебник для студентов вузов / под ред. М. М. Гришина. - М.: Высш. школа, 1979. - 614 с.
9. Гидротехнические сооружения: в двух частях. Ч. 2: учебник для студентов вузов / под ред. М. М. Гришина. - М.: Высш. школа, 1979. - 336 с.
10. Голубева, З.С. Рыбохозяйственная гидротехника / З.С. Голубева, З.П. Орлова. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 286 с.
11. Данелия, Н. Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами / Н.Ф. Данелия. - М.: Колос, 1964. - 330 с.
12. Дворкин, Л.И. Строительные минеральные вяжущие материалы / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – М.: Инфра – Инженерия, 2011. – 544 с.
13. Замарин, Е. А. Гидротехнические сооружения / Е. А. Замарин, В. В. Фандеев. - М.: Колос, 1965. - 543 с.
14. Иванов, Я. Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений / Я. Л. Иванов. - М.: Высш. школа, 1985. - 250 с.
15. Кавешников, Н.Т. Эксплуатация и ремонт гидротехнических

сооружений / Н.Т. Кавешников. – М.: Агропромиздат, 1989. – 211 с.

16. Кириенко, И.И. Гидротехнические сооружения. Проектирование и расчет: учеб. пособие / И.И. Кириенко, Ю.А. Химерик. – Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 253 с.

17. Лабораторный практикум по курсу «Материаловедение». Ч. 1: учебное пособие / А.И. Кравцов, [и др.] – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. – 127 с.

18. Лабораторный практикум по курсу «Материаловедение». Ч. 2: учебное пособие / С.А. Дергунов, [и др.] – Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2008. – 100 с.

19. Нестеров, М.В. Гидротехническое сооружение: учебное пособие / М.В. Нестеров. – Минск: ООО «Новое знание», 2006. – 616 с.

20. Мамонтова, Р.П. Рыбохозяйственная гидротехника: учебник / Р.П. Мамонтова. – М.: МОРКНИГА, 2012. – 377 с.

21. Моисеев, С. Н. Каменно-земляные и каменно-набросные плотины / С. Н. Моисеев. - М.: Энергия, 1970. - 224 с.

22. Проектирование рыбоводных предприятий / Э.В. Гриневский, Б.А. Каспин, А.М. Керштейн, З.М. Киппер, А.Д. Луньков. – М.: Агропромиздат, 1990. – 223 с.

23. Серпунин, Г.Г. Биологические основы рыбоводства / Г.Г. Серпунин. - М.: Колос, 2009. - 384 с.

24. Сидоренко, Ю.В. Строительные материалы. Учебное пособие / Ю.В. Сидоренко, С.Ф. Коренькова. – Самара: Самарск. гос. арх. – строит. ун-т, 2008. – 88 с.

25. Чугаев, Р. Р. Земляные гидротехнические сооружения / Р. Р. Чугаев - Л.: Энергия, 1967. - 455 с.