

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

(наименование института полностью)

Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Водоснабжение городов и промышленных предприятий

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Совершенствование водозаборов из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации

Студент

Н.А. Шевченко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

И.А. Лушкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

В.В. Петрова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

к.т.н., доцент, И.А. Лушкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Допустить к защите

И.о. заведующего кафедрой

к.т.н., доцент, И.А. Лушкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1 Водозаборные сооружения из поверхностных источников типы, конструкции	6
1.1 Особенности, типы, конструкции водозаборных сооружений из поверхностных источников.....	6
1.2 Конструкции водоприемных оголовков	12
1.3 Устройства промывки самотечных линий и оголовков	28
1.4 Устройства для удаления осадка из приемной камеры берегового колодца	29
1.5 Защита водозаборов от донного льда и шуги.....	30
1.6 Рыбозащита на водозаборах.....	34
1.7 Выводы по главе 1	41
Глава 2 Анализ проблем, возникающих при длительной эксплуатации водозаборных сооружений	42
2.1 Особенности эксплуатации водозаборов из поверхностных источников воды	42
2.2 Проблемы заиления и биообрастания	45
2.3 Проблемы водоприемных сооружений (решетки и сетки).....	49
2.4 Проблемы рыбозащиты и защиты от шуги на водозаборных сооружениях	52
2.5 Проблемы насосных станций первого подъема.....	52
2.6 Выводы по главе 2.....	55
Глава 3 Разработка мероприятий по совершенствованию и реконструкции водозаборных сооружений	56
3.1 Совершенствование водоприемных устройств.....	56
3.2 Восстановление проницаемости фильтрующих элементов	60
3.3 Мероприятия на насосных станциях первого подъема.....	61

3.4 Особенности проведения работ по реконструкции затопленных водоприемников	66
3.5 Берегоукрепление.....	68
3.6 Выводы по главе 3.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	75
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

Введение

Обеспечение населения чистой питьевой водой является важнейшим направлением социально-экономического развития России. В настоящее время большинство водозаборных сооружений и насосных станций первого подъема физически и морально устарели, требуется замена изношенного оборудования, повышение надежности сооружений, а также приведение их в соответствие с современными требованиями экологической безопасности рыбозащитных функций водоприемников. Срок эксплуатации многих водозаборных сооружений и насосных станций превышает 50 лет. Модернизация и реконструкция подобных водозаборных сооружений позволят повысить качество подаваемой воды на очистку, снизив тем самым эксплуатационные затраты на очистных сооружениях.

Цель – разработка мероприятий по совершенствованию водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации.

Задачи:

1. Анализ типов и конструкций водозаборных сооружений из поверхностных источников.
2. Выявление проблем водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации;
2. Анализ возможных технологических решений при реконструкции водозаборных сооружений;
3. Разработка возможных мероприятий совершенствования водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации.

Объект исследования – Водозаборные сооружения.

Предмет исследования – водозаборные сооружений из поверхностных источников, находящиеся в длительной эксплуатации.

Научная новизна данной работы заключается:

- в выявлении эксплуатационных и технологических проблем водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации;
- в выявлении возможных технологических решений при реконструкции водозаборных сооружений;
- в разработке возможных мероприятий совершенствования водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации.

Практическая значимость заключается:

В повышении эксплуатационной надежности водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации.

На защиту выносятся:

- мероприятия по совершенствованию водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации.

Апробация работы. Результаты и основные положения работы были доложены на следующих конференциях:

XX Международная научно-практическая конференция «Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии»: МНИЦ ПГАУ (г. Пенза, 2018);

Международная научно-практическая конференция «Природопользование и устойчивое развитие регионов России»: МНИЦ ПГАУ (г. Пенза, 2019).

Опубликовано 2 статьи по теме диссертации.

Структура диссертации:

В диссертации присутствует: введение, три главы, заключение, библиография из 35 наименований. Объем диссертации составляет 79 страниц машинописного текста, 50 рисунков.

Глава 1 Водозаборные сооружения из поверхностных источников типы, конструкции

1.1 Особенности, типы, конструкции водозаборных сооружений из поверхностных источников

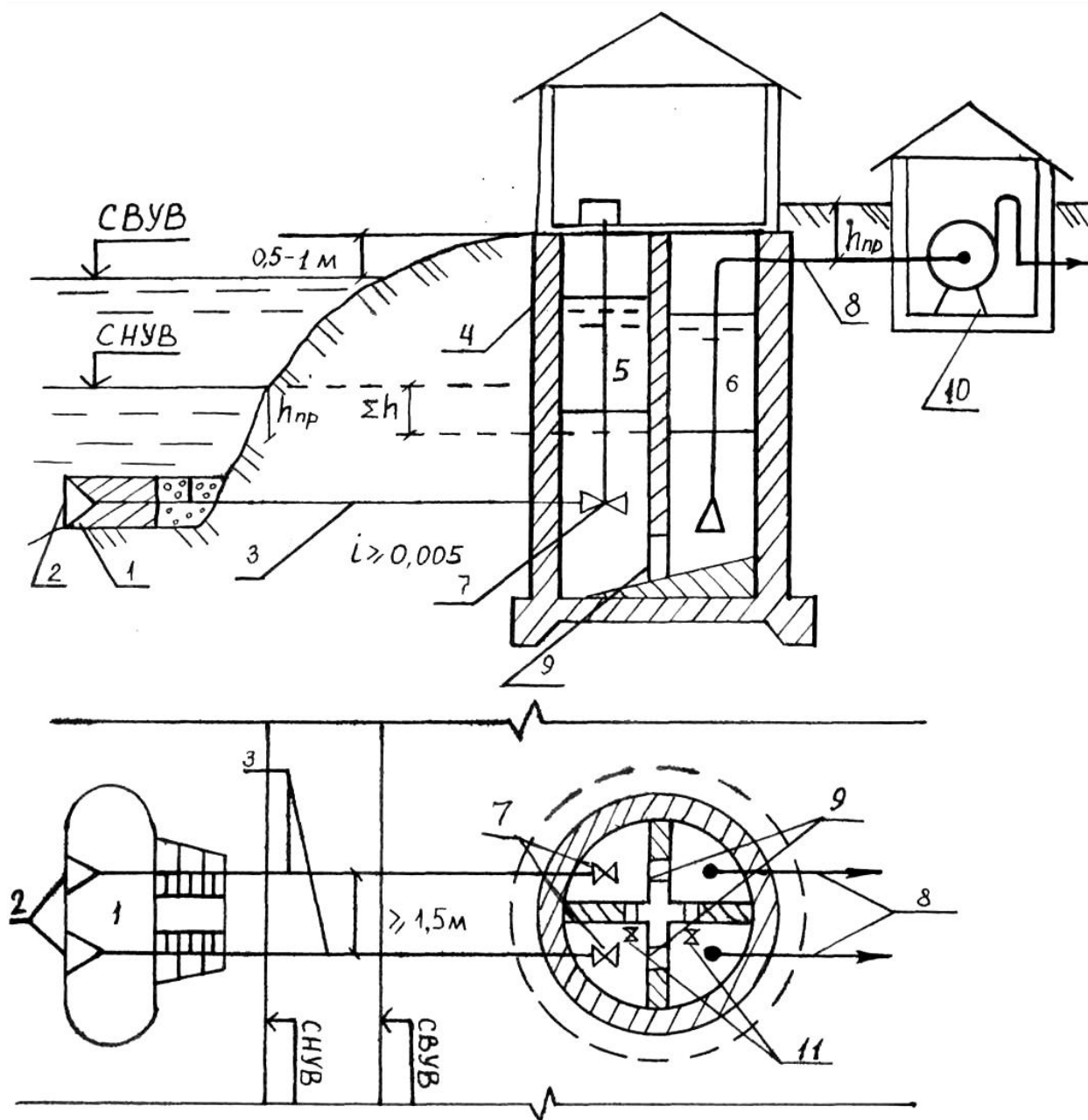
Для водоснабжения промышленных предприятий и населенных мест часто используются поверхностные водоисточники реки, озера, водохранилища, каналы, моря. Из общего количества воды, забираемой в настоящее время из различных источников для водоснабжения городов и промышленных объектов, до 80% приходится на поверхностные источники и лишь 20% на подземные, поэтому наиболее широкое распространение получили водозаборные сооружения из поверхностных источников (в частности из рек). Характерными особенностями воды поверхностных источников являются: относительно большая мутность, высокое содержание органических веществ, бактерий, значительная цветность, малое солесодержание, а также наличие зоо- и фитопланктона. Качество и количество воды поверхностных источников зависит от интенсивности выпадения атмосферных осадков, таяния снегов.

Каждый поверхностный источник имеет определенные характеристики, включающие территориальные, климатические, гидрологические, биологические и другие факторы. Оценка рек для целей водоснабжения в основном производят на основании гидрологических факторов: стока, расхода, колебания уровней воды, расчетной обеспеченности, ледового режима, толщины поверхностного льда, сведений о внутриводном льде, режиме твердого стока, устойчивости русла. Кроме того, учитываются топографические и геологические факторы, данные о санитарном состоянии и использовании источников другими водопотребителями и водопользователями.

Тип водозаборных сооружений зависит от мощности источника, а также удаленности от объекта.

Тип водозабора выбирается на основании требуемой подачи, рельефа местности по створу водоприемника, гидрогеологических данных. Водозаборы руслового типа с самотечными линиями применяют при расходах воды $Q \leq 1 \text{ м}^3 / \text{с}$, при пологом рельефе берега и колебаниях уровней воды в реке до 6 м. Обычно проектируют русловые водозаборы отдельного типа. Расстояние между береговым колодцем и НС-1 (насосная станция первого подъема) не должно превышать 40 м во избежание значительных потерь напора во всасывающих водоводах. При расходах воды $Q = 1 \dots 3 \text{ м}^3 / \text{с}$, скальных грунтах и амплитуде колебаний уровней воды более 6 м применяют русловые водозаборы совмещенного типа. Русловые водозаборы состоят из следующих основных элементов: оголовка, самотечных или сифонных линий (2 нитки и более), берегового водоприемно-сеточного колодца, всасывающих ниток (2 нитки и более), насосной станции первого подъема (рис. 1.1).

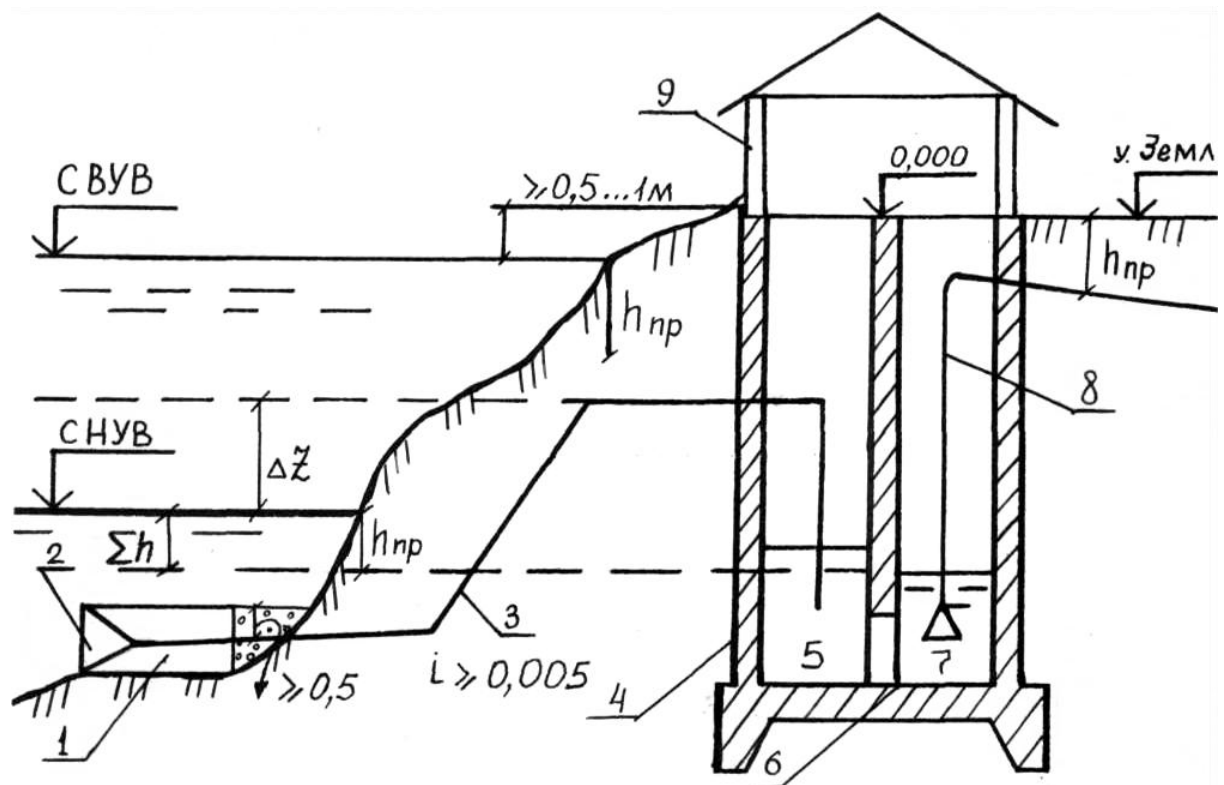
При большой амплитуде колебаний уровней воды в реке, слабых грунтах берега (торфяники, плавун и др.), скальных грунтах четвертой и шестой категорий, широкой затопляемой пойме и при расходах $Q = 1 \text{ м}^3 / \text{с}$ самотечные линии в сооружениях второй категории надежности и ниже заменялись сифонными линиями с целью уменьшения капитальных затрат при строительстве (см рис. 1.2).



- 1 – водоприемный оголовок; 2 – сороудерживающие решетки; 3 – линии самотечные;
 4 – колодец береговой; 5 – водоприемная камера; 6 – всасывающая камера; 7 – затворы;
 8 – всасывающие линии; 9 – плоские сетки; 10 – насосная станция первого подъема;
 11 – перепускные затворы; i – уклон самотечных линий; Σh – сумма потерь;

$h_{пр}$ – глубина промерзания

Рисунок 1.1 – Русловый водозабор с самотечными линиями



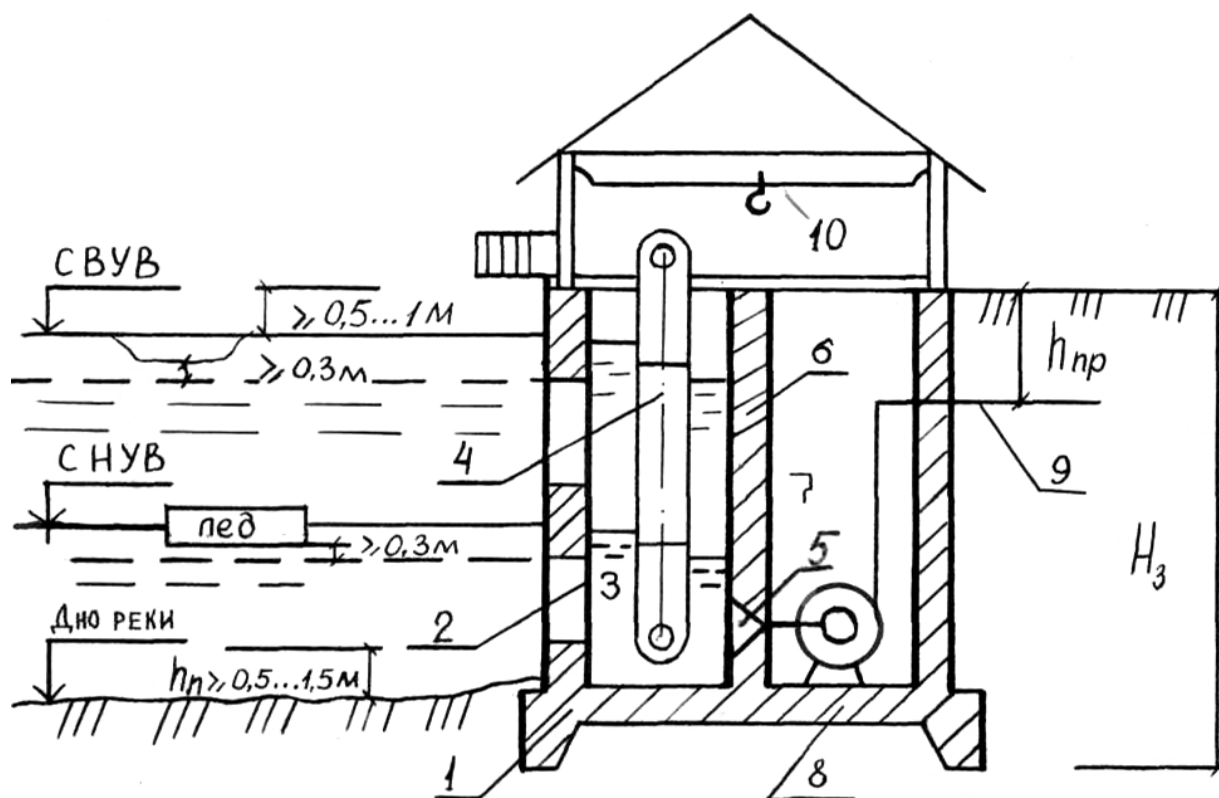
- 1 – водоприемный оголовок; 2 – сороудерживающие решетки; 3 – сифонные линии;
 4 – береговой колодец; 5 – водоприемная камера; 6 – плоские сетки; 7 – всасывающая камера; 8 – всасывающие линии; 9 – павильон над береговым колодцем

Рисунок 1.2 – Русловой водозабор сифонного типа

Береговые водозаборные сооружения применяют при крутом рельефе местности и наличии достаточных глубин в близ берега, больших амплитудах колебаний уровней воды в реке, устойчивом русле и значительных расходах. Береговые и русловые водозаборы производительностью $Q \leq 1 \text{ м}^3 / \text{с}$ применяются раздельного типа с плоской сеткой.

Водозаборы производительностью $Q > 1 \text{ м}^3 / \text{с}$ применяются совмещенного типа с вращающейся сеткой (рис. 1.3).

Водозаборные сооружения с водоприемными ковшами обычно применялись при больших расходах воды $Q \geq 6 \text{ м}^3 / \text{с}$, при наличии тяжелых условий забора воды (шуга, донный лед, малая глубина в месте забора воды, большое количество взвеси и др.).



1 – береговой водозабор; 2 – окна с сороудерживающими решетками; 3 – водоприемная камера; 4 – вращающаяся сетка; 5 – всасывающая камера; 6 – водонепроницаемая стенка; 7 – машинный зал; 8 – насосы; 9 – напорные линии; 10 – кран-балка

Рисунок 1.3 – Водозабор берегового типа совмещенный с насосной станцией первого подъема

В средних природных условиях забора воды береговые водозаборы относятся к 1 категории надежности. Для обеспечения надежности работы и возможности осмотра и профилактики оборудования водоприемный колодец секционируется.

Водозаборы берегового типа устраивают при наличии высокого крутого берега, достаточных глубин, обеспечивающих требуемые условия забора воды, и значительных колебаний уровней воды в реке. Водозаборы берегового типа состоят из водоприемного берегового сетчатого колодца и насосной станции первого подъема.

Водоприемные отверстия (окна), через которые вода поступает в водозабор, располагают в передней стенке колодца, как правило, в несколько ярусов по вертикали для обеспечения приема воды наилучшего качества.

Одноярусное расположение водоприемных окон допускается только при заборе воды из относительно чистых источников.

Береговой колодец состоит из двух отделений: приемного и всасывающего. Каждое отделение перегородками делится на секции (по количеству всасывающих труб) для возможности периодической очистки и ремонта без прекращения подачи воды.

Вода в колодец поступает через входные окна, которые устраиваются в передней стенке, находящиеся в русле реки.

Окна оборудуют съемными сороудерживающими решетками, устанавливаемыми в пазах. Для перекрытия окна с целью отключения секции водоприемника предусматривают плоские затворы, вставляемые в специальные пазы или в пазы решеток.

Между приемным и всасывающим отделениями в перегородке устанавливают плоские или вращающиеся сетки.

Вода из реки поступает через решетки входных окон в приемное отделение и через сетки поступает во всасывающее отделение, где размещены всасывающие трубы насосов станции первого подъема.

Водозаборы совмещенного типа по сравнению с водоприемниками отдельного типа имеют меньший объем, меньшую строительную стоимость, просты в эксплуатации, более надежны в работе. При наличии скального грунта, когда исключается разное оседание водоприемника и насосной станции, береговой водозабор можно совместить с насосной станцией.

При применении вертикальных насосов площадь, объем и стоимость здания насосной станции получаются меньше, чем при устройстве горизонтальных насосов.

Объем сооружений еще более уменьшается с применением глубинных погружных насосных агрегатов.

Представляет интерес водозабор сифонно-фильтрующего типа. В состав водозабора входят водоприемный сифон, приемно-всасывающая

камера и служебный павильон. Такие водозаборы можно отнести к 1 категории и при тяжелых условиях забора воды.

1.2 Конструкции водоприемных оголовков

Тип оголовка зависит от условий забора воды и категории надежности водоподачи [1].

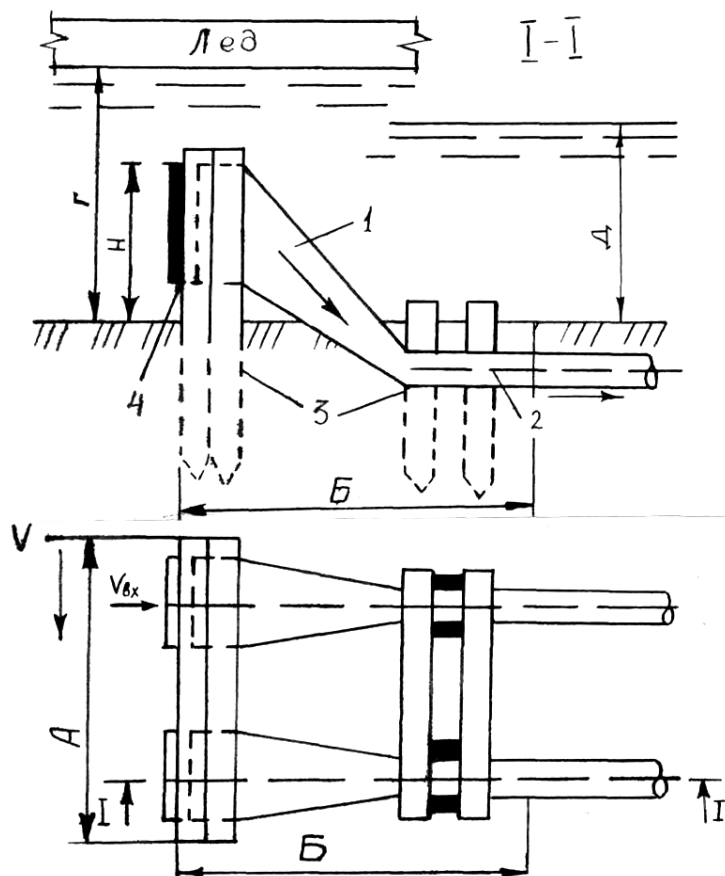
Оголовки служат для приема воды из источника и защиты концов самотечных, сифонных трубопроводов от повреждений. Они подразделяются на 3 основные группы: постоянно затопленные, затопляемые высокими водами и незатопляемые (рис. 1.4–1.19).

Наиболее распространены постоянно затопленные оголовки в силу малой трудоемкости и низкой стоимости при строительстве. Недостатком оголовка такого типа является исключение возможности его осмотра при высоких горизонтах воды в водоисточнике, шугоходе и вовремя ледостава. В оголовки не должны вовлекать донные наносы, шугу, сор (траву, листья), а также рыба. При небольшой и средней производительности станций (до $1...3 \text{ м}^3/\text{с}$) применяют обычно постоянно затопленные оголовки.

Оголовки, затопляемые высокими водами, по конструктивному оформлению не отличаются от ранее описанных. Преимуществом последних является доступность их осмотра и прочистки при минимальном и меженном уровнях воды в реке. Основным недостатком таких оголовков является переформирование гидравлического режима реки, они становятся помехой для лесосплава и судоходства, поэтому применяются очень редко.

Большие расходы обеспечиваются бесперебойной подачей воды с помощью незатапливаемых оголовков, требующих больших капитальных затрат на строительство. Существенным их достоинством является наличие двух (трех) ярусов, для обеспечения оптимального качества забираемой воды в разные периоды (например при цветении водоисточника).

Раструбный свайный незащищенный оголовок.

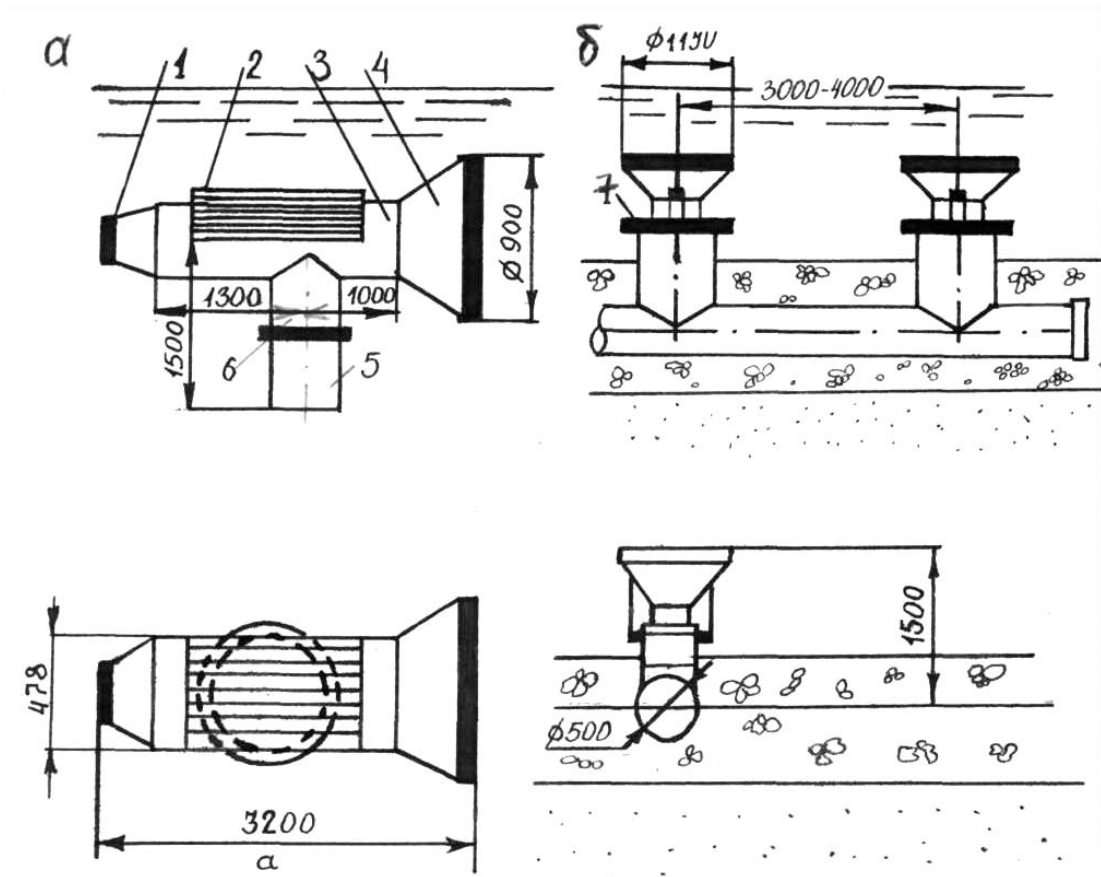


1 – раструбы 2 – водовод самотечный или сифонный; 3 – свайный фундамент; 4 – сороудерживающая решетка

Рисунок 1.4 – Раструбный свайный незащищенный оголовок

Область применения я на малых водотоках, не не лесосплавных и судоходных, при легких природных условиях, и малой (от 0,02 до 0,2 м³/с) производительности водозаборных сооружений. Из плюсов: Простота, компактность, экономичность. Сильно влияет на гидравлику потока, недоступный, неустойчив к внешним воздействиям и ударом (например, топляк), требует дополнительного устройства РЗУ.

Стальные незащищенные оголовки.



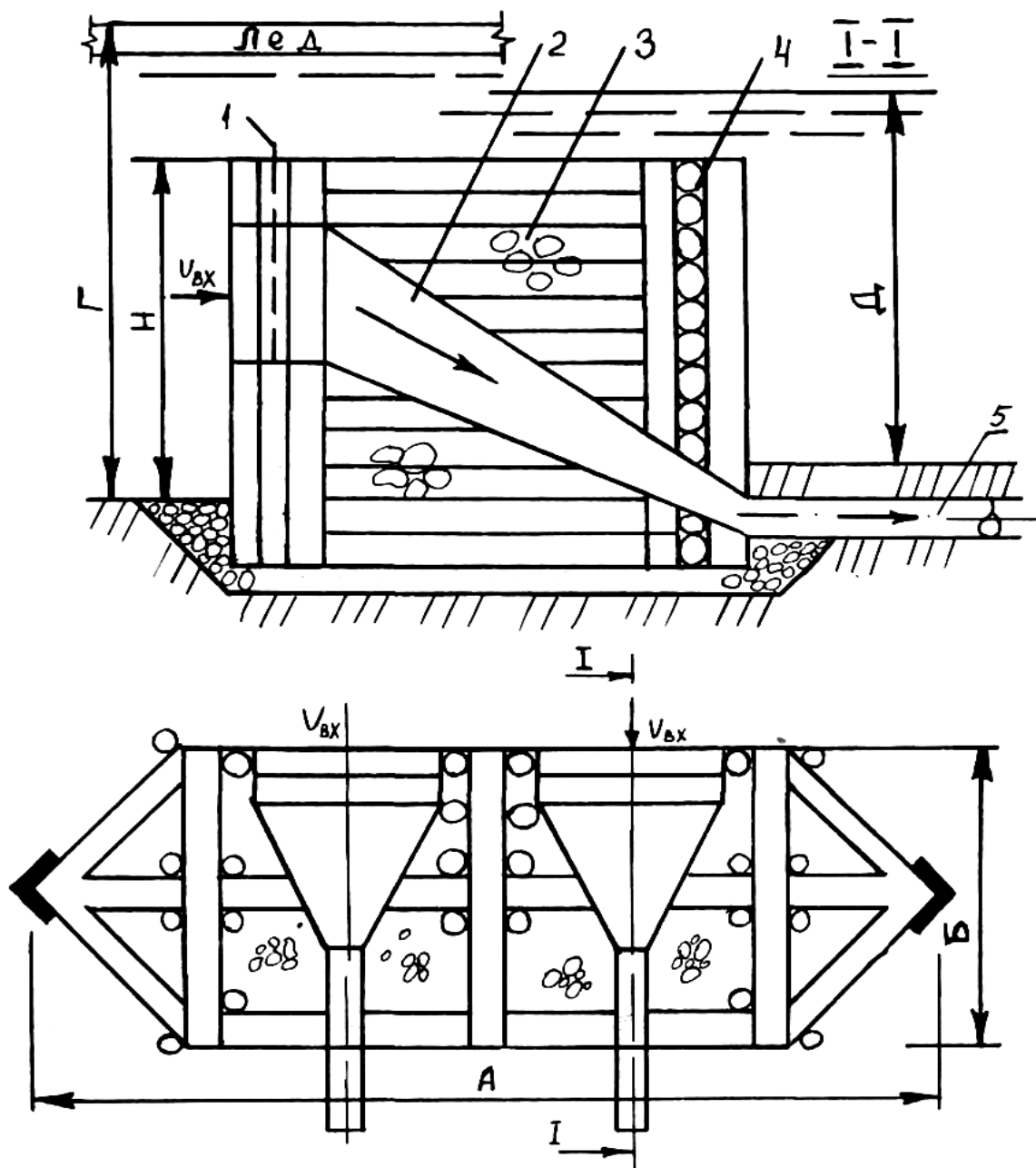
а – трубчатый; б – тарельчатый

1 – заглушка; 2 – сороудерживающая решетка; 3 – водоприемная труба; 4 – приемный раструб; 5 – вертикальный патрубок; 6 – врезной соединительный патрубок; 7 – фланец

Рисунок 1.5 – Стальные незащищенные оголовки

«Применяются на реках, не используемых для лесосплава и судоходства, с относительно легкими природными условиями, при малой (до $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$) производительности. Простые, сборные, недорогие, быстросменяемые. Вносят значительные возмущения в поток, труднодоступные, требуют устройства рыбозаградителей.»

Деревянный ряжевый оголовок с боковым приемом воды.

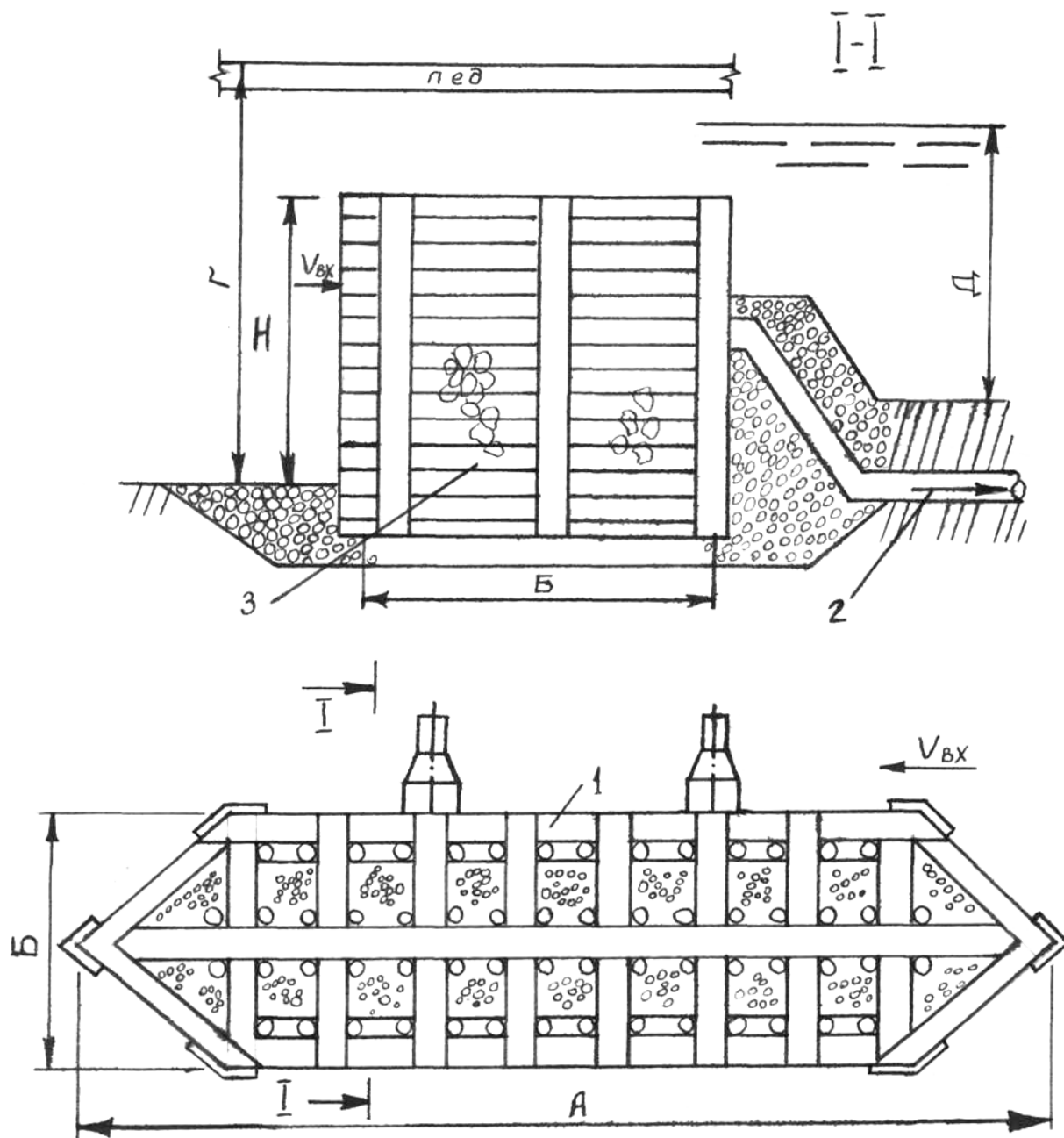


1 – сороудерживающие решетки; 2 – водоприемный раструб; 3 – каменная наброска; 4 – ряж; 5 – самотечные или сифонные водоводы

Рисунок 1.6 – Деревянный ряжевый оголовок с боковым приемом воды

Область применения на реках с малыми глубинами, средними природными условиями при небольшой (до $1 \text{ м}^3/\text{с}$) производительности водозабора.

Деревянный ряжевый фильтрующий оголовок.

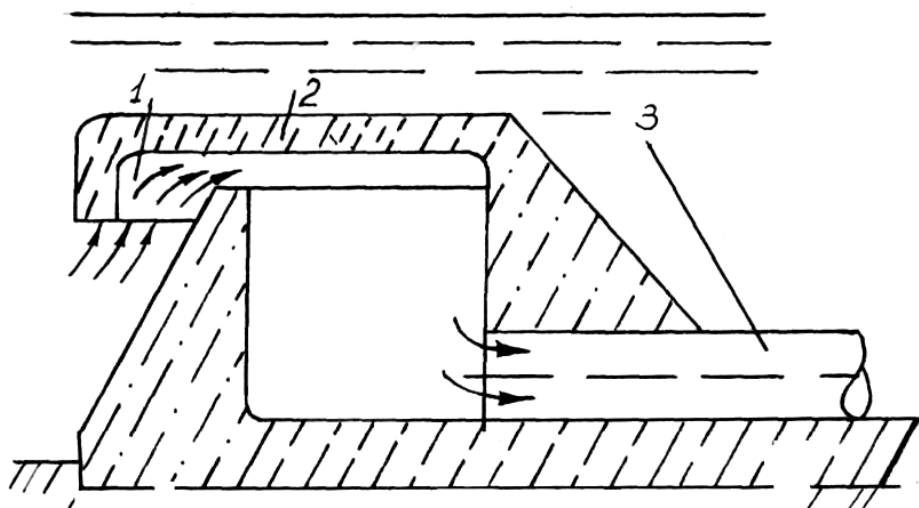


1 – ряж; 2 – самотечные или сифонные водоводы; 3 – каменная наброска;

Рисунок 1.7 – Деревянный ряжевый фильтрующий оголовок

Область применения на небольших водотоках с тяжелыми шуголедовыми условиями при небольшой (до $1 \text{ м}^3/\text{с}$) производительности водозабора.

Сифонный железобетонный оголовок.

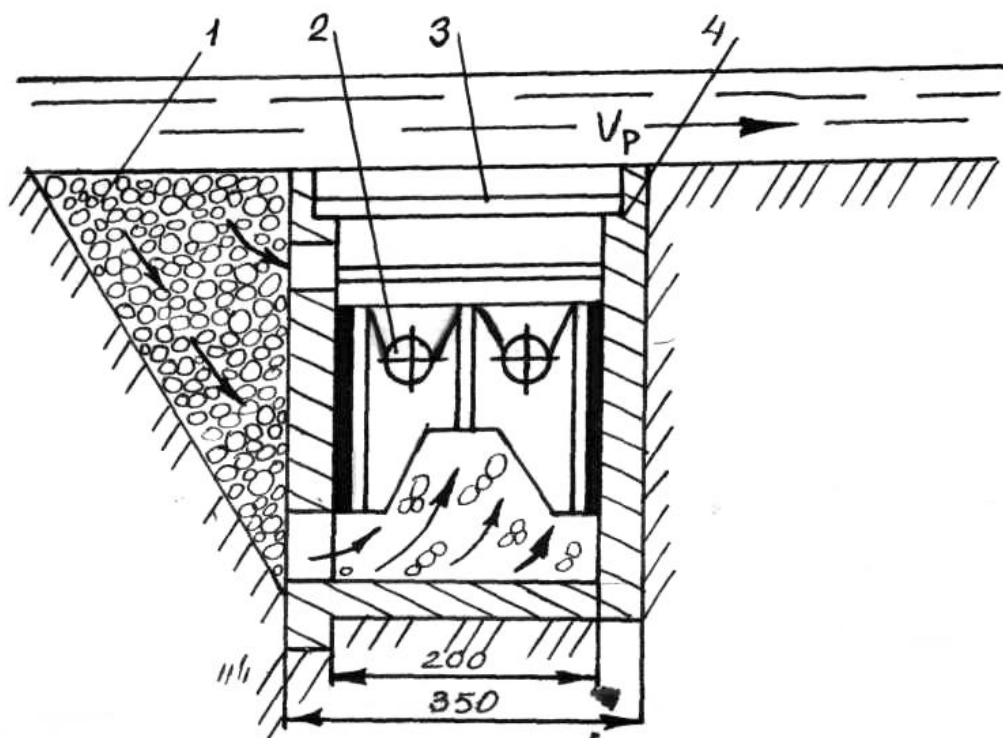


1 – сороудерживающая решетка на водоприемном отверстии; 2 – козырек; 3 – самотечные или сифонные водоводы

Рисунок 1.8 – Сифонный железобетонный оголовок

Область применения на водотоках с легкими или средними природными условиями и большой производительностью.

Донный комбинированный водоприемник.

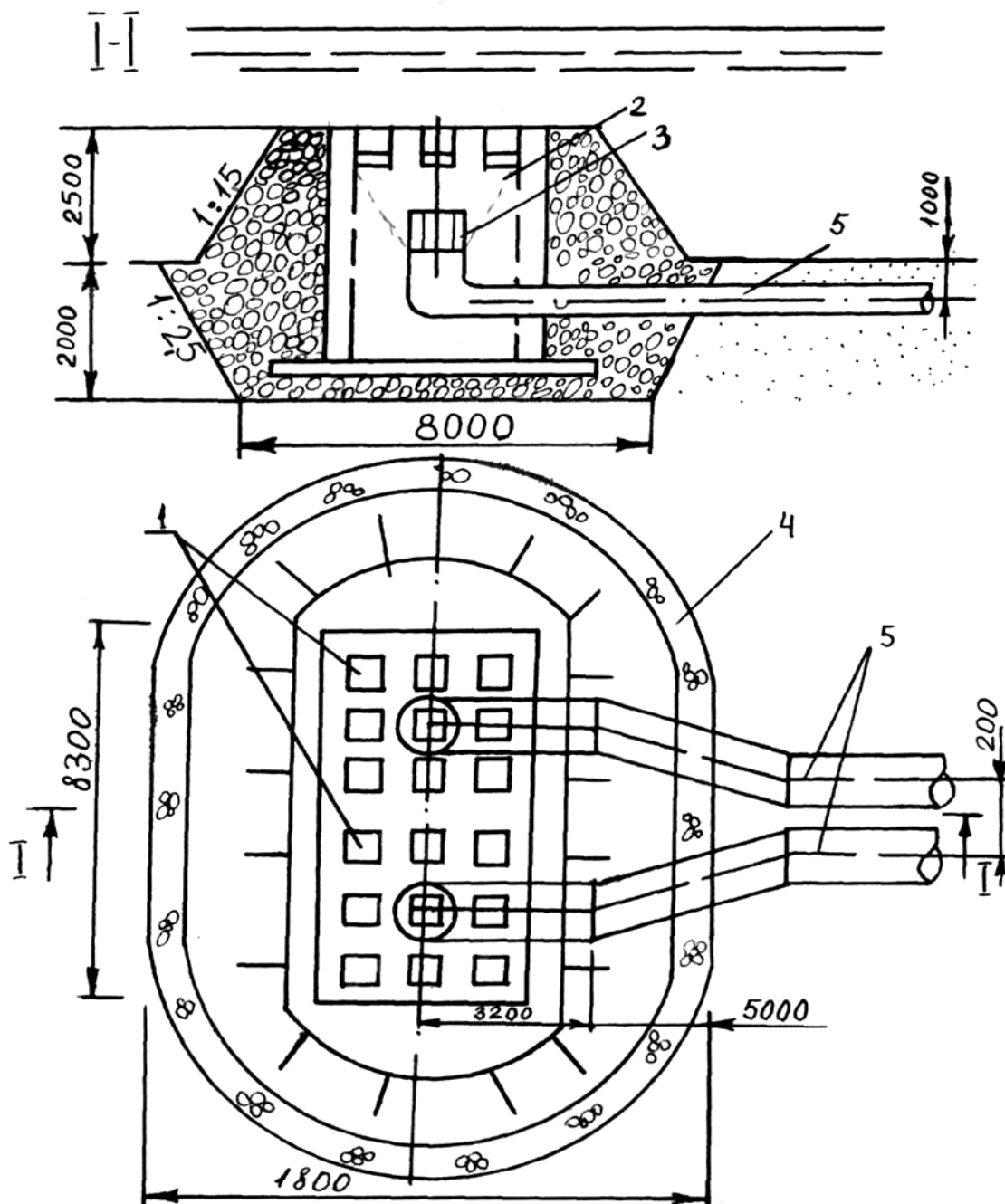


1 – обратный фильтр из каменной наброски; 2 – самотечные или сифонные водоводы; 3 – двойная сороудерживающая решетка; 4 – водоприемная галерея

Рисунок 1.9 – Донный комбинированный водоприемник

Сборный фильтрующий водоприемник.

Область применения на водотоках с малой глубиной и большим количеством донных и взвешенных наносов. Надежный в работе в сложных условиях. Сложный в монтаже и эксплуатации.

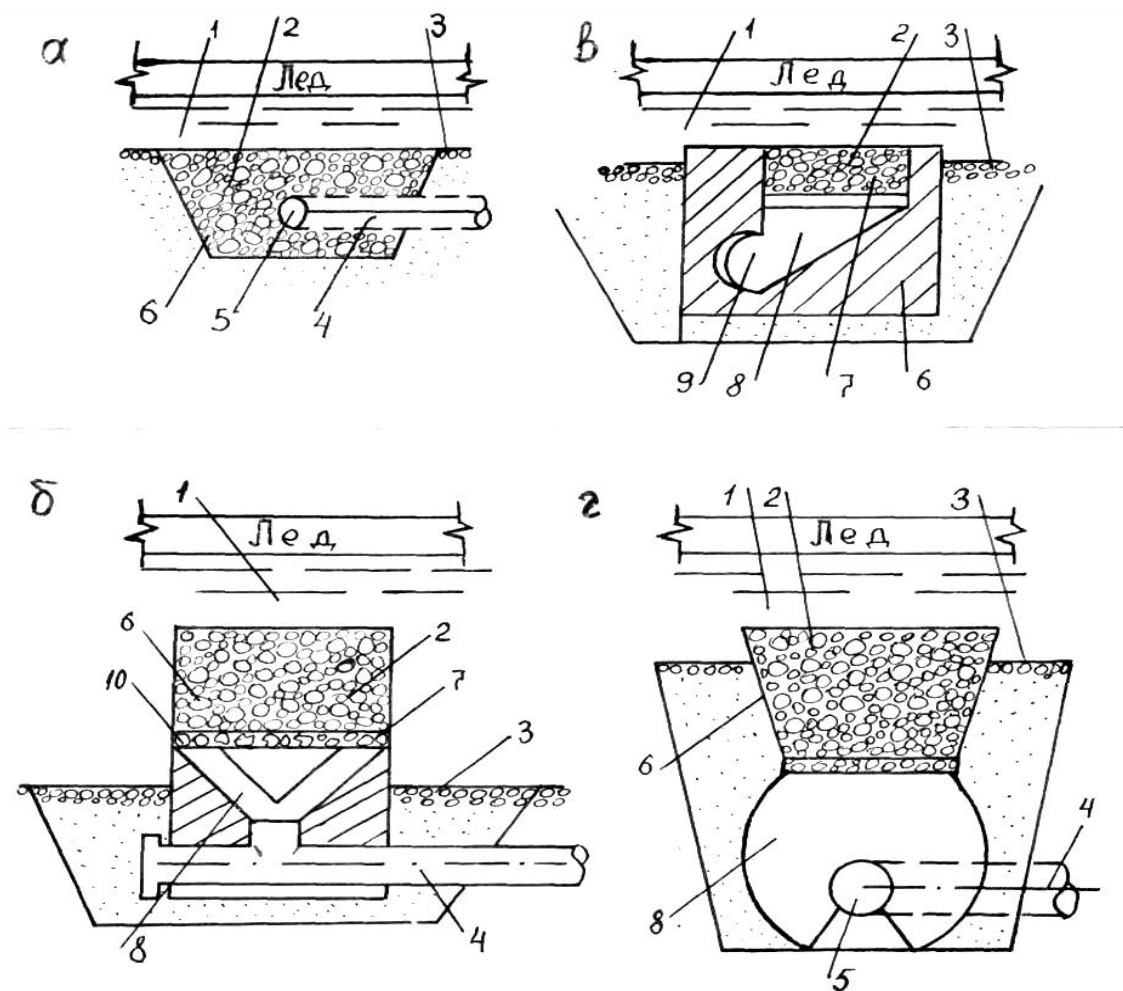


1 – фильтрующие кассеты на водоприемном отверстии; 2 – водоприемный раструб; 3 – направляющие на входе самотечный или сифонный водовод; 4 – обсыпка оголовка щебнем или камнем; 5 – самотечные или сифонные водоводы

Рисунок 11.10 – Сборный фильтрующий водоприемник

Область применения на водотоках со средними и тяжелыми природными условиями, с большим количеством донных наносов и средней и большой производительностью водозаборов.

Фильтрующие оголовки конструкции ВНИИ ВОДГЕО.



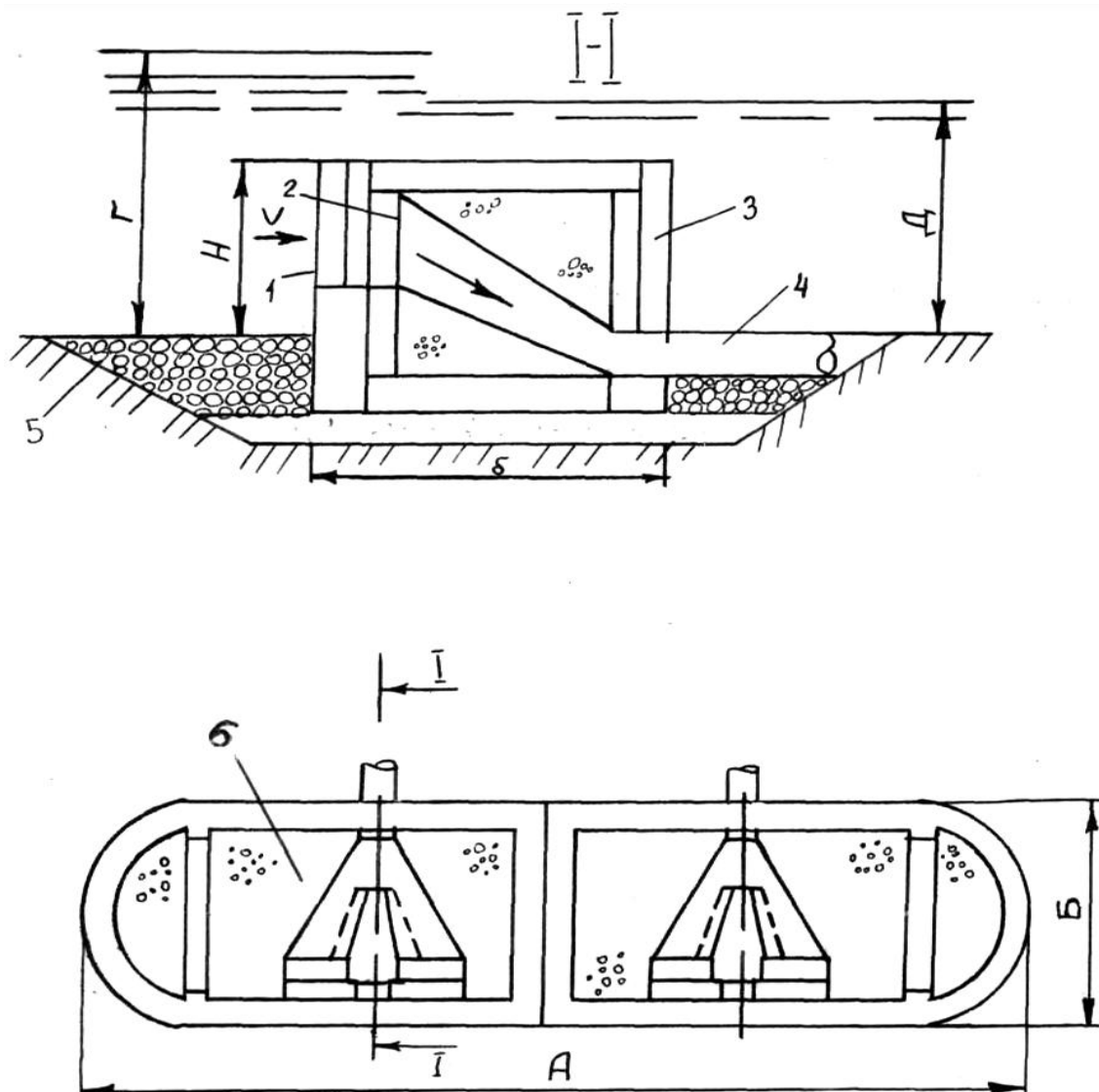
а – в аллювиальном русле; б – бункерный; в – с вихревой камерой; г – упрощенный трубчатый:

1 – водоток; 2 – фильтр (гравий, щебень); 3 – отмостка; 4 – самотечный водовод;
 5 – сборный трубопровод; 6 – корпус оголовка; 7 – решетка; 8 – подфильтровая камера;
 9 – вихревая камера; 10 – струераспределительный щит

Рисунок 1.11 – Фильтрующие оголовки конструкции ВНИИ ВОДГЕО

Область применения на водотоках с чрезвычайно тяжелыми шуголедовыми условиями при малой и средней производительности водозабора и любой глубине рек.

Железобетонный раструбный защищенный оголовок с боковым приемом воды.

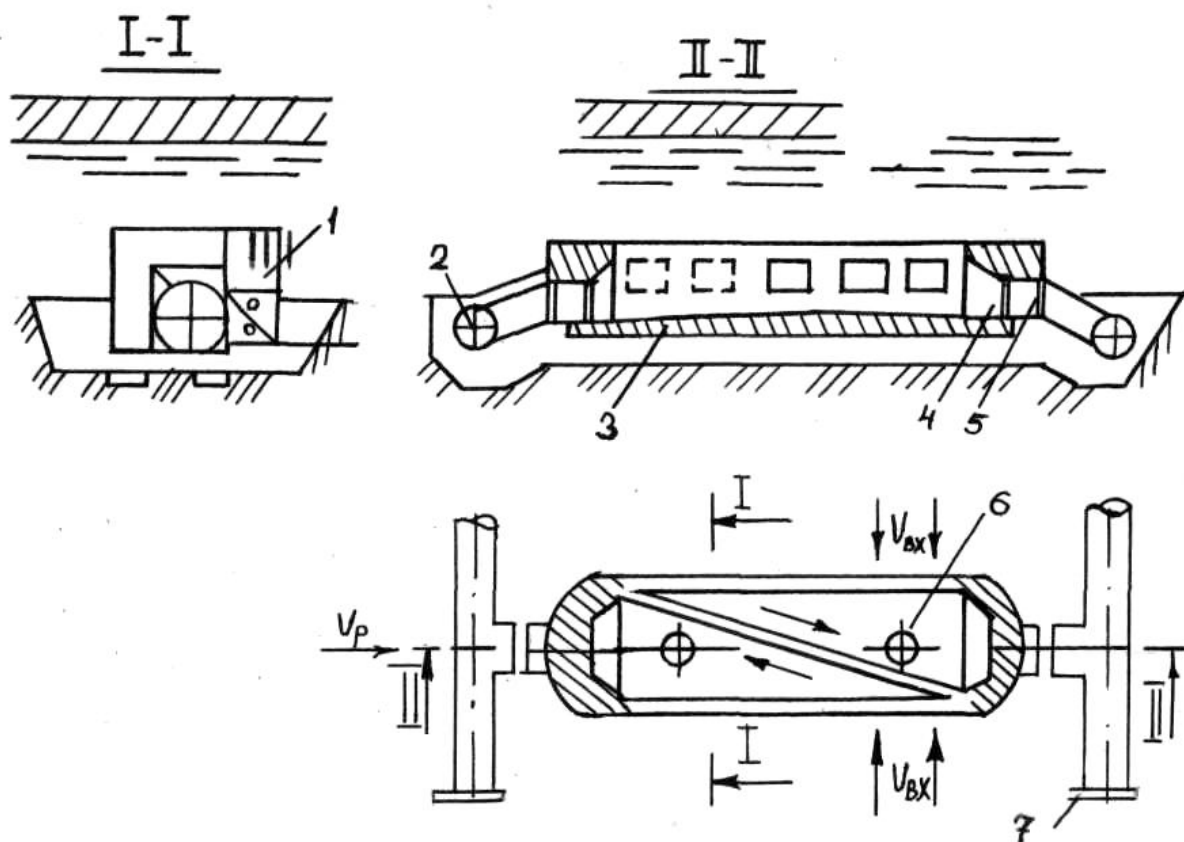


1 – сороудерживающая решетка; 2 – оголовок; 3 – железобетонный корпус оголовка; 4 – самотечный или сифонный водовод; 5 – крепления русла камнем, щебнем или тощим бетоном

Рисунок 1.12 – Железобетонный раструбный защищенный оголовок с боковым приемом воды

Применяются на малых лесосплавных реках с легкими и средними природными условиями при небольшой (до $1 \text{ м}^3/\text{с}$) производительности водозаборов.

**Железобетонный двухсекционный защищенный оголовок
конструкции ВНИИ ВОДГЕО.**

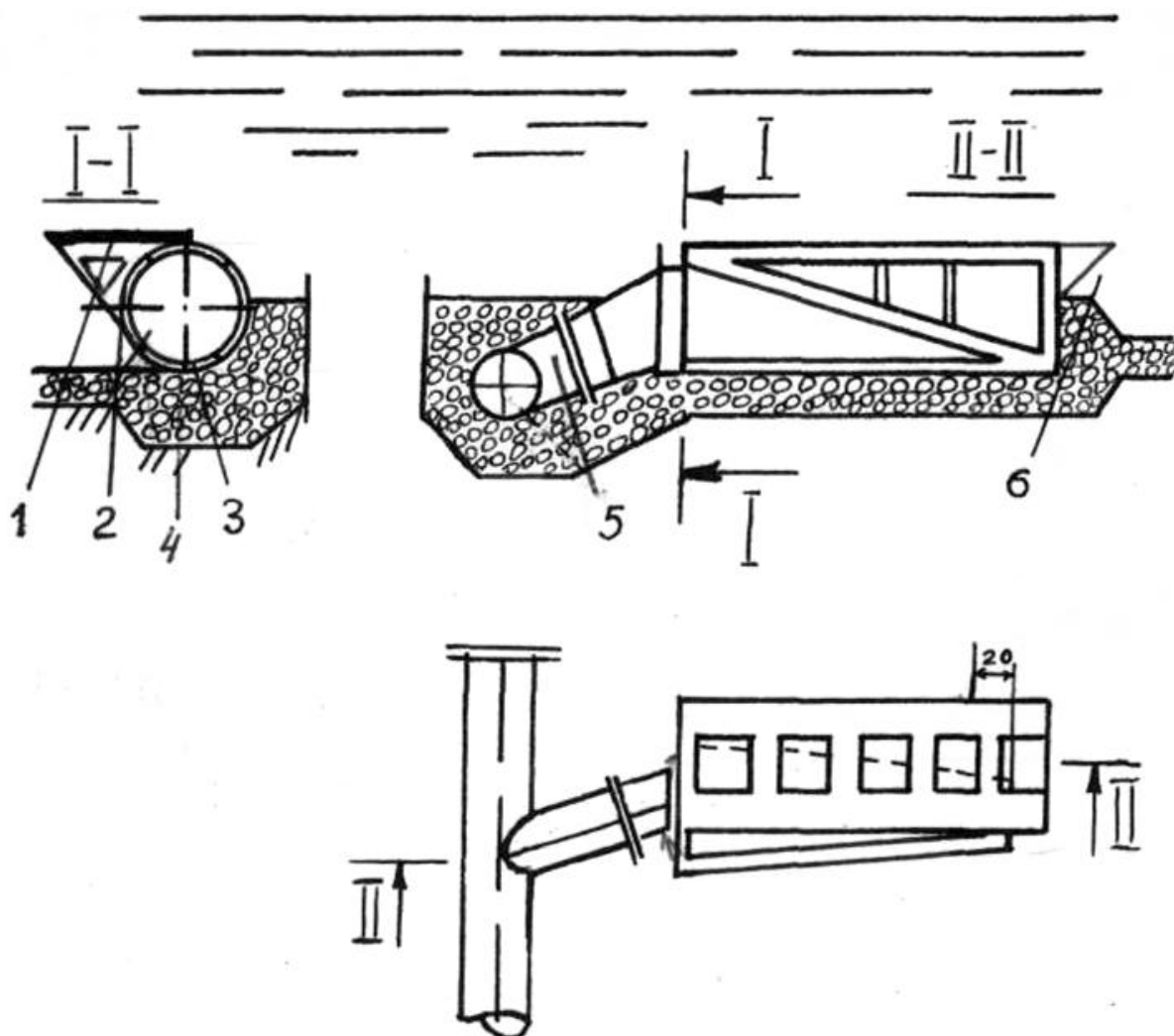


- 1 – водоприемные отверстия; 2 – самотечные или сифонные водоводы;
 3 – железобетонное днище и стенки оголовка; 4 – водоприемные раструбы;
 5 – соединительные фланцы; 6 – смотровые люки; 7 – заглушки

Рисунок 1.13 – Железобетонный двухсекционный защищенный оголовок
конструкции ВНИИ ВОДГЕО

Область применения на лесосплавных реках с тяжелыми шуголедовыми условиями при производительности от 1 до 3 m^3/c .

Водоприемник с вихревой камерой конструкции ВНИИ ВОДОГЕО.

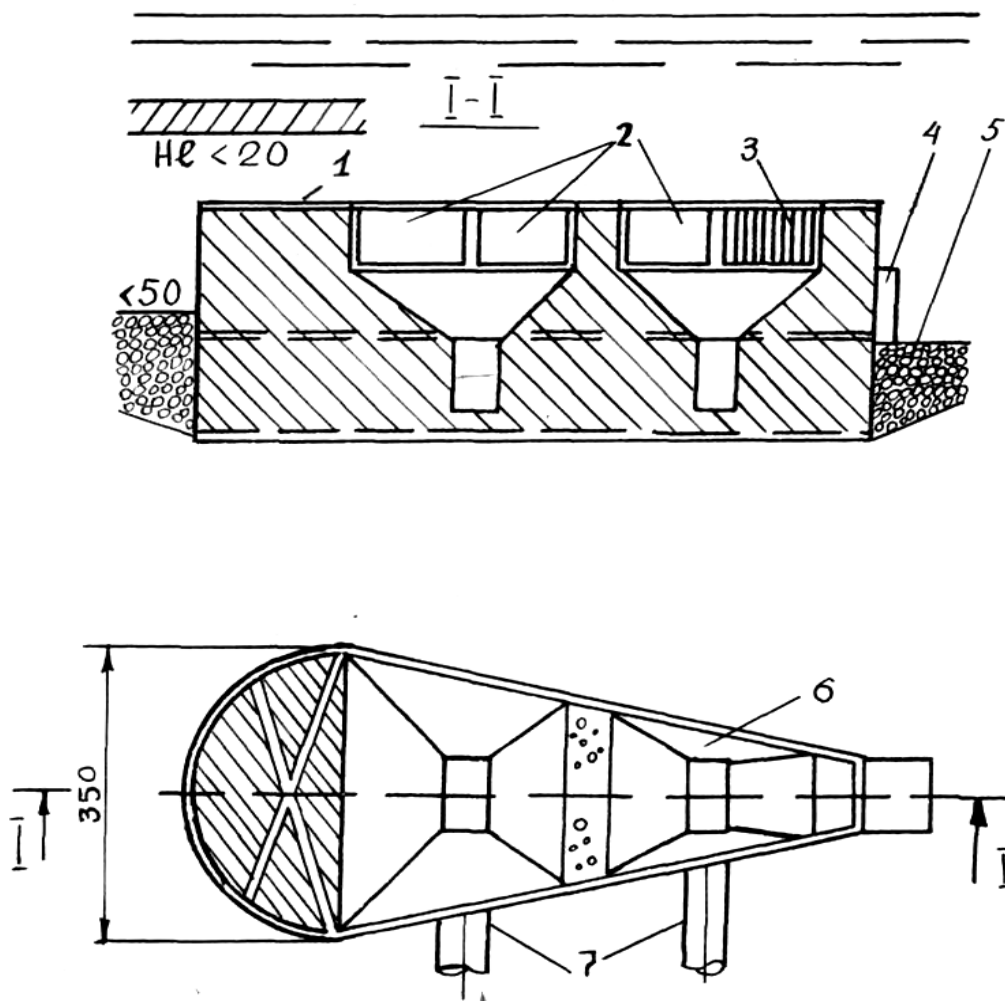


1 – сороудерживающая решетка на водоприемном отверстии; 2 – подрешетчатая камера; 3 – вихревая камера; 4 – входная щель; 5 – струенаправляющий патрубок; 6 – струенаправляющий козырек

Рисунок 1.14 – Водоприемник с вихревой камерой конструкции ВНИИ ВОДОГЕО

Область применения на реках со средними и тяжелыми природными условиями при малой и средней производительности.

Бетонный оголовок в металлическом кожухе
(Гипрокоммунводоканал).

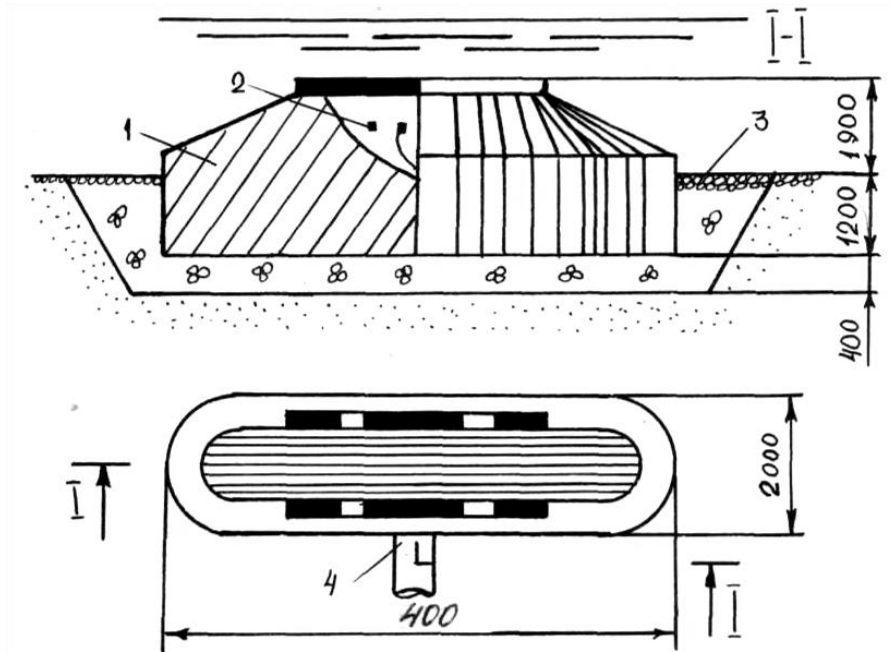


1 – металлический кожух; 2 – водоприемные отверстия; 3 – сороудерживающие решетки с электрообогревом; 4 – коробка электрокабеля; 5 – крепление дна реки; 6 – водоприемные воронки; 7 – самотечные или сифонные водоводы

Рисунок 11.15 – Бетонный оголовок в металлическом кожухе
(Гипрокоммунводоканал)

применения на реках со средними и тяжелыми природными условиями при наличии в потоке топляков (производительность водозабора – $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$).

Эллиптический монолитный железобетонный оголовок.

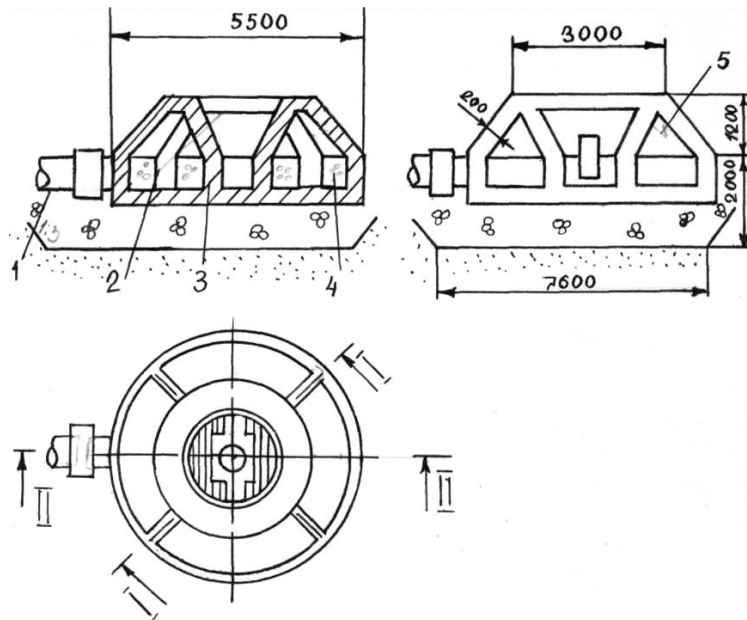


1 – тело оголовка; 2 – сороудерживающие решетки; 3 – крепление дна; 4 – самотечные (сифонные) водоводы

Рисунок 1.16 – Эллиптический монолитный железобетонный оголовок

Применяется на реках с легкими и средними природными условиями, с большими скоростями течения воды при малой производительности.

Круглый монолитный железобетонный оголовок.

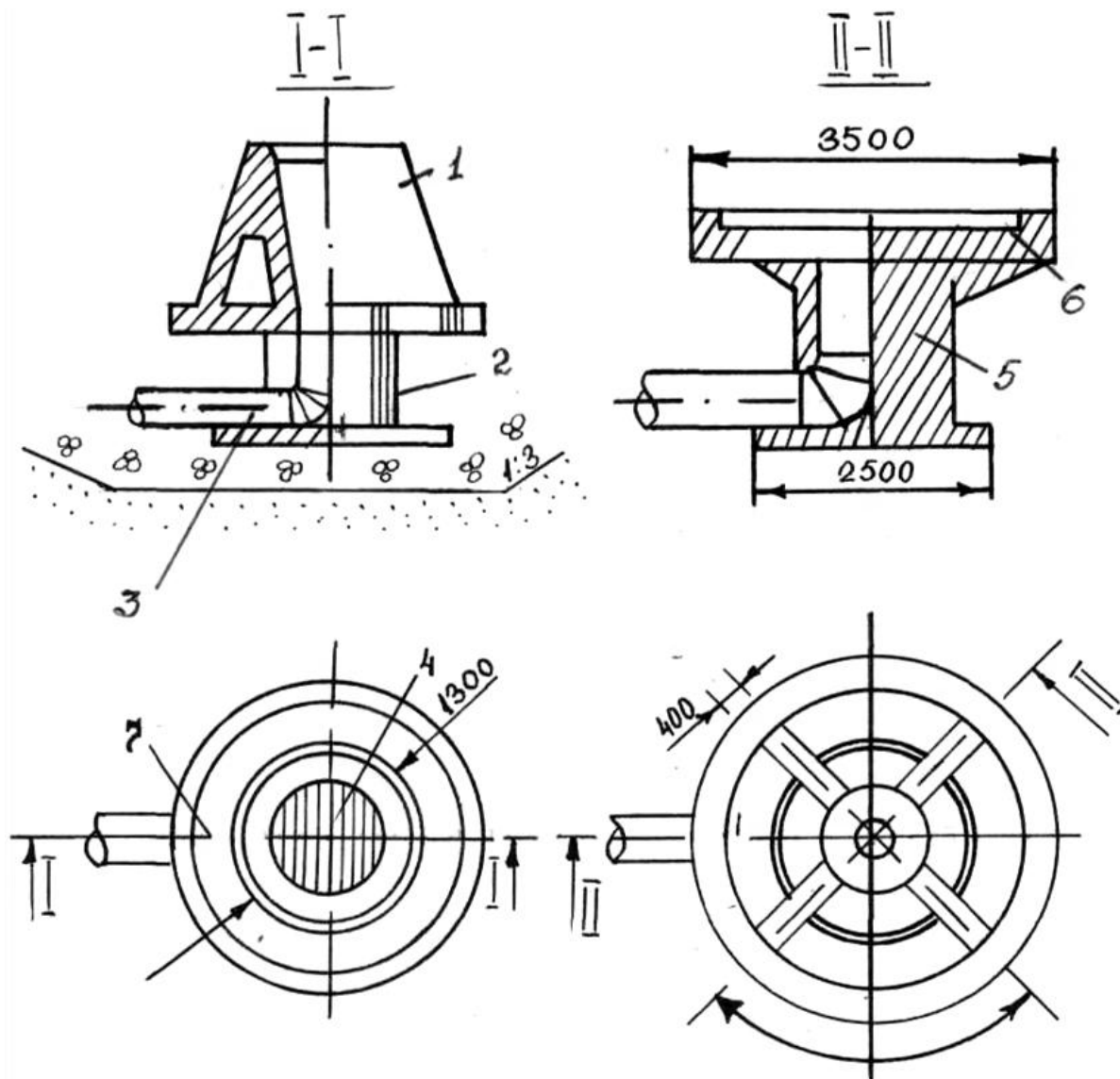


1 – самотечный или сифонный водовод; 2 – сороудерживающие решетки; 3 – наклонная стойка; 4 – загрузка щебня, галечника; 5 – верхнее кольцо оголовка

Рисунок 1.17 – Круглый монолитный железобетонный оголовок

Область применения для рек с легкими и средними природными условиями при неустойчивом направлении течения воды, с малой и средней производительностью водозаборов.

Сборный железобетонный оголовок (Гипрокоммунводоканал).

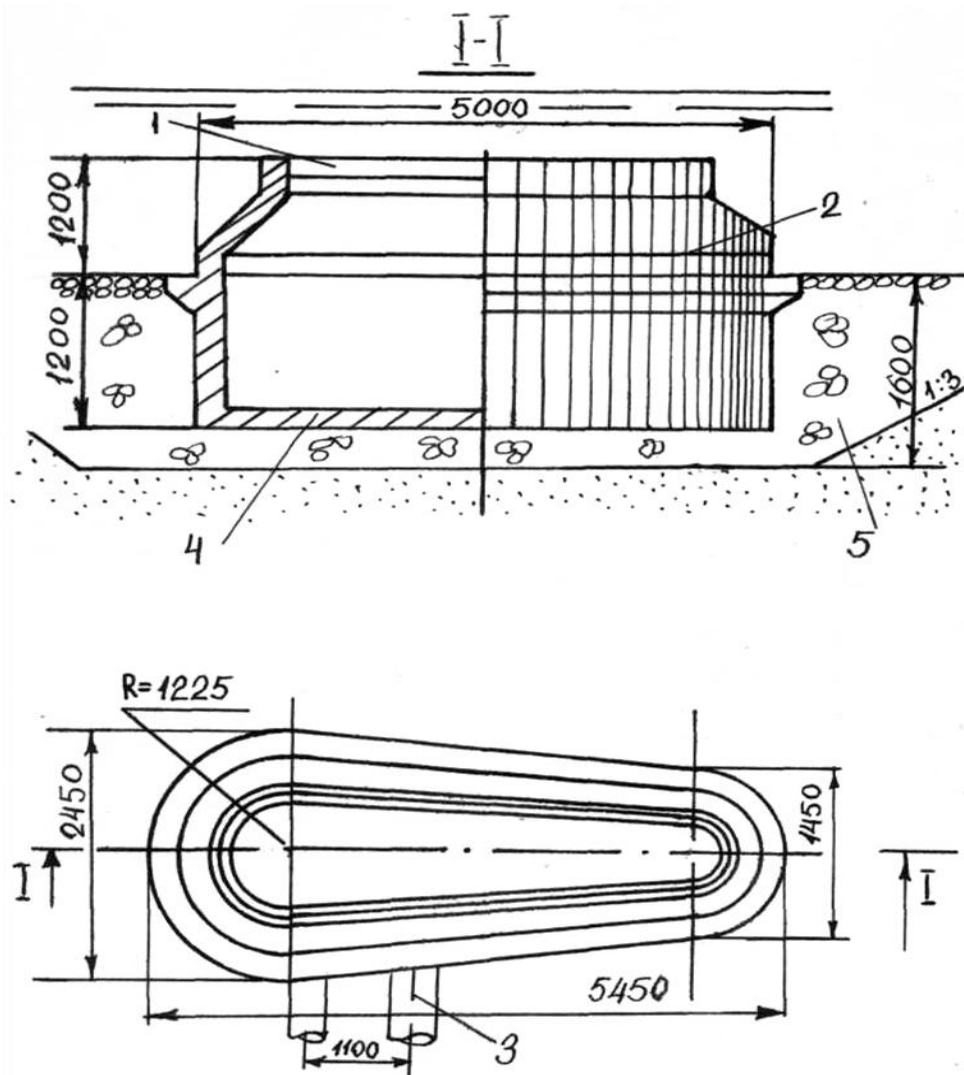


1 – верхний блок; 2 – нижний блок; 3 – самотечные или сифонные водоводы; 4 – сороудерживающие решетки; 5 – консоли нижнего блока; 6 – опорный бортик; 7 – отверстия для выпуска воздуха

Рисунок 1.18 – Сборный железобетонный оголовок (Гипрокоммунводоканал)

Область применения для судоходных и лесосплавных рек, с легкими и средними природными условиями при средней производительности водозаборов.

Сборный железобетонный оголовок каплевидной формы.



1 – сороудерживающая решетка; 2 – верхний блок; 3 – самотечный (сифонный) водовод;
4 – нижний блок; 5 – каменное крепление русла

Рисунок 1.19 – Сборный железобетонный оголовок каплевидной формы

Область применения для судоходных и лесосплавных рек, с легкими и средними природными условиями, и большими скоростями течения при средней и большой производительности водозабора.

В настоящее время многие из перечисленных оголовков находятся в эксплуатации более 50 лет и требуют детального обследования и проведения ремонтных и профилактических работ по восстановлению производительности, очистке и замене отдельных их элементов (решеток, фильтрующих загрузок).

Береговой колодец размещается в незатопляемой СВУВ части берега. Уровень нулевой отметки (чистого пола) в водозаборе руслового типа должен располагаться выше на 0,15...0,3 м уровня земли, а берегового типа - на 0,5...1,0 м выше уровня самых высоких вод. Для предотвращения попадания атмосферных вод в береговой колодец вокруг него устраивают отмостку. Самотечные линии проектируются без резких поворотов в плане, в профиле, с подъемом не менее 0,005 в сторону берегового колодца, если промывка обратная, и с уклоном в сторону колодца - при прямой промывке. Материал труб выбирается в соответствии с требованием [2]. Самотечные трубопроводы должны защищаться от механических повреждений, поэтому их прокладывают ниже дна реки обсыпают грунтом толщиной не менее 0,5 м, а на лесосплавных и судоходных реках – 1,0 м. При неразмываемых грунтах и отсутствии опасности их повреждения допускается прокладка трубопроводов по дну реки; при размываемых трубопроводы крепятся на сваях. Оголовки для водозаборов руслового типа должны соответствовать условиям забора воды. В оголовках располагают решетки, закрепленные в раму, к нижней части которой прикрепляют деревянный брус для смягчения ударов при опускании решетки. В водозаборах берегового типа решетки устанавливают в направляющих пазах окон, отдельных для каждого яруса, с целью возможности их независимого маневрирования. Кроме того, предусматриваются пазы для резервных решеток и плоских затворов. В водозаборах руслового типа в приемной камере в качестве затворов применяют укороченные электрифицированные задвижки или тарельчатые клапаны с пультом управления в наземном павильоне. Для перепуска воды из одной секции берегового колодца в другую применяют задвижки и дисковые затворы. Размеры колодца в плане определяют из условия размещения в нем оборудования и удобства эксплуатации.

Днище колодца имеет наклон в сторону приемка для сбора осадка.

В стенке, разделяющей приемную и всасывающую камеры, устраивают перепускную трубу диаметром не менее 100 мм. Форма колодца в плане диктуется способом производства работ:

- при опускном способе форма колодца круглая;
- при открытом котловане - прямоугольная.

При строительстве водозаборов отдельного типа НС-I располагают вне зоны возможного обрушения грунтов, возникающего при возведении берегового колодца, но не далее 40 м, с целью уменьшения потерь напора во всасывающей линии.

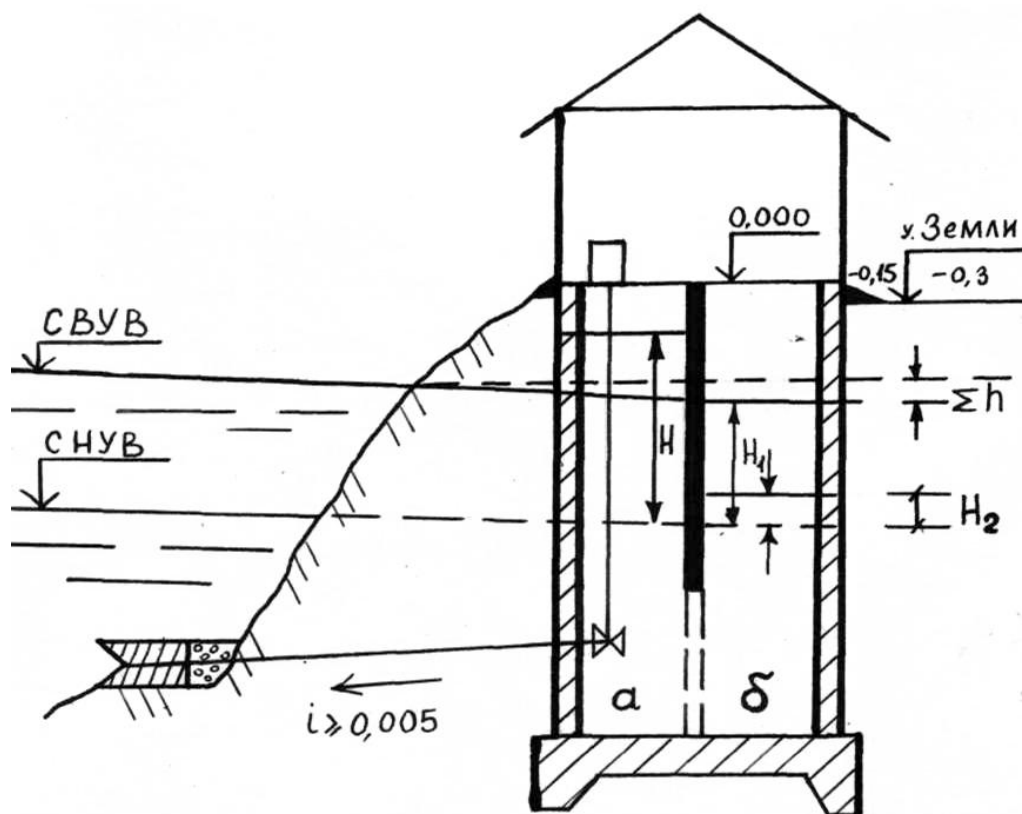
1.3 Устройства промывки самотечных линий и оголовков

Для обеспечения нормальных условий эксплуатации водозабора самотечные и сифонные линии необходимо регулярно промывать.

По направлению движения воды по самотечным трубам различают прямую и обратную промывки.

При прямой промывке вода движется в том же направлении, что и при нормальном режиме работы, то есть из реки в береговой колодец. Увеличение скорости воды достигается за счет отключения одной из ниток самотечной линии. По другой пропускается полный расход водоотбора. К достоинствам прямой промывки относится простота действий (закрывается задвижка на одной из линий). Не требуется уменьшать производительность водозабора. В перечне недостатков следует указать, что не всегда возможно создание необходимой скорости промывки (длинная самотечная труба при низком уровне воды в реке), при которой невозможно очистить решетку от мусора, шуги и др.

Обратная промывка может происходить при двух режимах (рис. 1.20): при постоянно действующем уровне воды в береговом колодце (постоянном напоре) и при переменном уровне (переменном напоре).



a – при постоянном напоре, *б* – при переменном напоре.

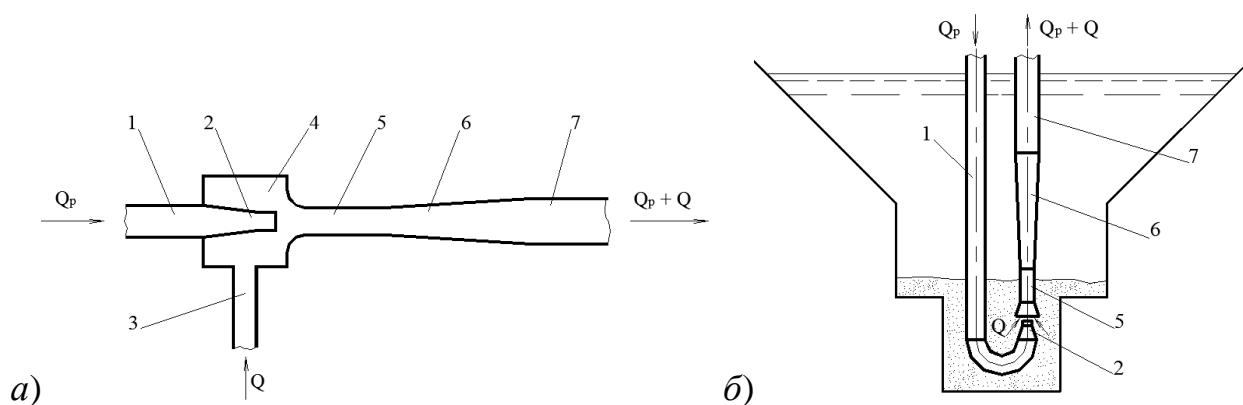
Рисунок 1.20 – Схема обратной промывки самотечных линий

Кроме указанных видов промывки самотечных линий, возможна импульсивная промывка [3] за счет волновых колебаний масс воды, находящейся в самотечных трубах; за счет срыва вакуума в колонке, установленной на самотечной линии в береговом колодце. Существует еще гидропневматическая промывка [3].

1.4 Устройства для удаления осадка из приемной камеры берегового колодца

Для удаления осадка из приемной камеры водозабора берегового типа $Q_B > 1 \text{ м}^3/\text{с}$ предусматривают песковые, фекальные насосы [4].

Для удаления осадка из берегового колодца водозабора руслового типа $Q_B \leq 1 \text{ м}^3/\text{с}$ применяют гидроэлеваторы (рис. 1.21).



a – схема гидроэлеватора; *б* – гидроэлеватор, установленный для удаления осадка из берегового колодца

1 – труба для подвода воды; 2 – сопло; 3 – всасывающий трубопровод; 4 – подводящая камера; 5 – камера смешения; 6 – диффузор; 7 – напорный трубопровод

Рисунок 1.21 – Гидроэлеватор

Гидроэлеваторы обычно устанавливаются по одному в каждой секции берегового колодца; иногда для удаления осадка из любой части приемной камеры устраивают передвижные установки [4].

1.5 Защита водозаборов от донного льда и шуги

Основным средством борьбы с шугой и льдом является правильный выбор места расположения водозаборных сооружений, типа водозабора и конструктивных элементов. Другие средства борьбы с шуголедовыми явлениями зависят от конкретных условий: производительности водозабора, требуемой категории надежности забора и подачи воды.

При малом количестве шуги и небольшой производительности водозабора чаще всего применяют сороудерживающие решетки из гидрофобных материалов или фильтрующие оголовки.

При среднем количестве шуги и малой или средней производительности водозабора можно использовать перечисленные выше условия с дублированием оголовков.

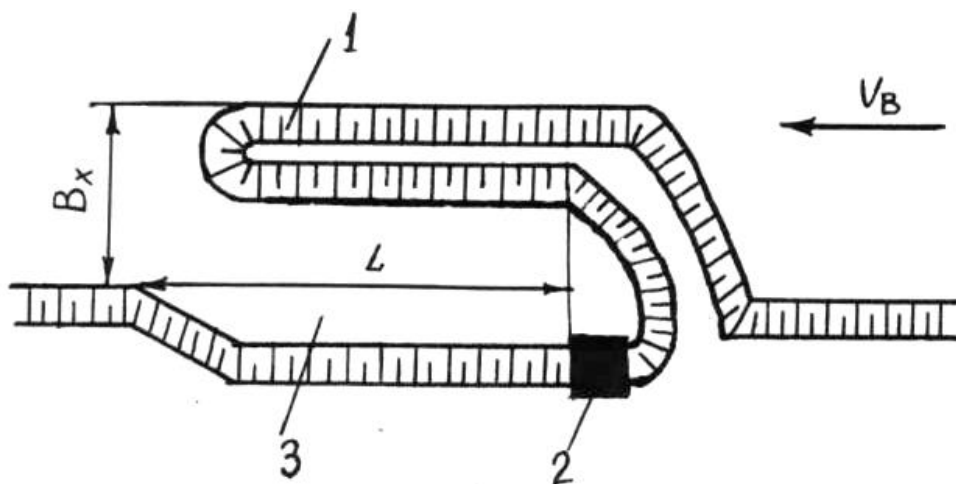
Для водозаборов средней и большой производительности при среднем количестве шуги применяют электрообогрев стержней решеток и подогрев

воды у оголовка. Электрообогрев решеток электрическим током производят при напряжении 50 ...150 В. Мощность, затрачиваемая на обогрев, находится в пределах 3,5 ...150 кВт на 1м³ воды или 1...8 кВт на 1 м² поверхности решетки.

В водозаборах руслового типа для очистки оголовка используют промывку решеток обратным током воды.

При большом количестве шуги и средней или большой производительности водозабора чаще устраивают водоприемные ковши (рис. 1.22-1.25).

Незатапливаемый водоприемный ковш с низовым входом, частично или полностью выдвинутым в реку.

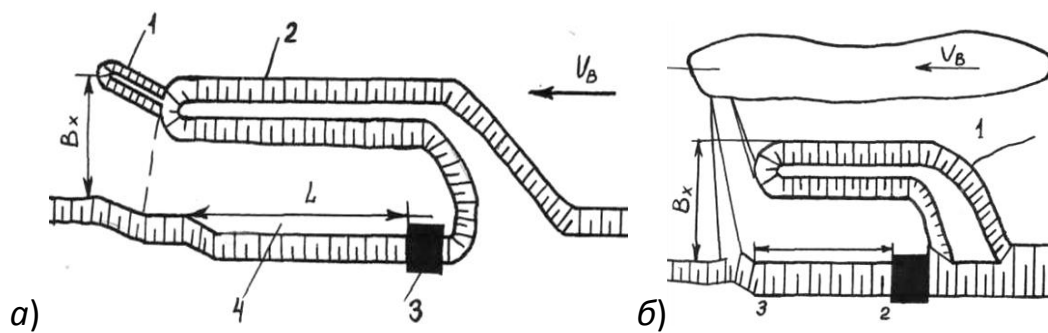


1 – дамба; 2 – водоприемное сооружение; 3 – ковш

Рисунок 1.22 – Незатапливаемый водоприемный ковш с низовым входом, частично или полностью выдвинутым в реку

Применяется на шугозасорных реках с постепенно нарастающими значительными подъемами уровней реки перед или в период ледостава.

Ковши с заливаемой в половодье верховой шпорой (а) и затапливаемый, с низовым входом, частично или получастично выдвинутым в русло реки (б).



а): 1 – верховая шпора; 2 – дамба; 3 – водоприемное сооружение; 4 – ковш

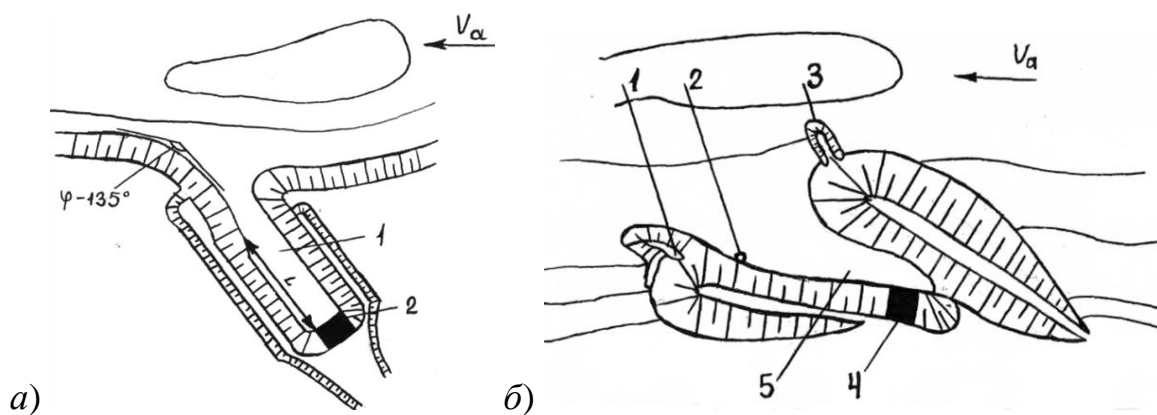
б): 1 – дамба; 2 – водоприемник; 3 – ковш

Рисунок 1.23 – Ковши с заливаемой в половодье верхней шпорой (а) и затапливаемым, с низовым входом, частично или получастично выдвинутым в русло реки (б)

Ковш на рис. 1.23, а применяется на реках с нешугозасорным режимом или особо тяжелыми условиями весеннего ледохода.

Ковш на рис. 1.23, б применяется на реках без стеснения русла в период паводков половодий.

Ковши, заглубленный в берег, с углом отвода 135° и с верхней и низовой шпорами.



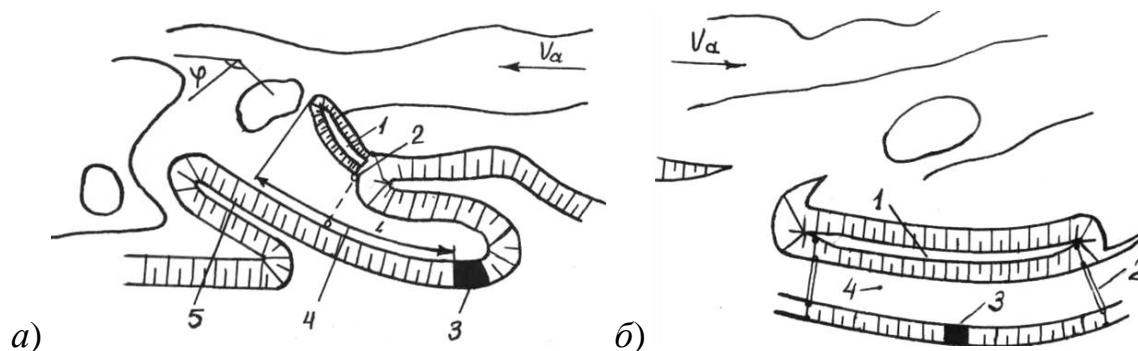
а): 1 – ковш; 2 – водоприемник; б): 1 – наносозащитная низовая шпора; 2 – бортовая струенаправляющая стенка; 3 – наносозащитная верховая шпора; 4 – водоприемник; 5 – ковш

Рисунок 1.24 – Ковши, заглубленный в берег, с углом отвода 135° (а) и с верхней и низовой шпорами (б)

Ковш на рис. 1.24, а применяется на реках с ограниченной интенсивностью шуголедовых явлений.

Ковш на рис. 1.24, б применяется в тех же условиях, но при необходимости сброса промышленных стоков ниже ковша.

Ковши, частично выдвинутый в русло, частично заглубленный в берег, с самопромывающимся входом и с низовым входом и регуляторами.



а): 1 – верховая затапливаемая в половодье дамба; 2 – регуляторы; 3 – водоприемник; 4 – ковш; 5 – низовая незатапливаемая дамба

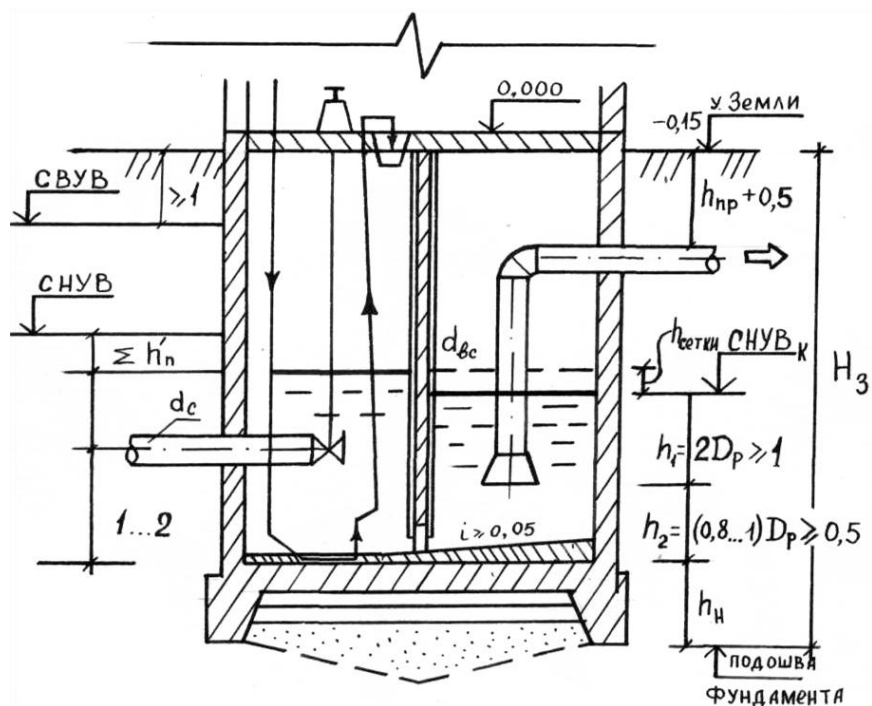
б): 1 – речная незатапливаемая дамба; 2 – регуляторы; 3 – водозаборное сооружение; 4 – ковш

Рисунок 1.25 – Ковши, частично выдвинутый в русло, частично заглубленный в берег, с самопромывающимся входом (а) и с низовым входом и регуляторами (б)

Ковш на рис. 1.25, а применяется при необходимости поддержания у входа в ковш или на подходе к нему глубин.

Ковш на рис. 1.25, б применяется на сильно шугоносных реках, транспортирующих в паводки большое количество мелкой взвеси.

Размещение оборудования в береговом колодце осуществляется в зависимости от расчетных уровней воды в водоисточнике. Схема к определению глубины берегового сооружения представлена на рис. 1.26.



СВУВ – отметка самого высокого уровня воды в водоисточнике;

СНУВ – отметка самого низкого уровня воды в водоисточнике

Рисунок 1.26 – Схема для определения глубины колодца руслового водозабора

1.6 Рыбозащита на водозаборах

Расчет рыбозащитных устройств (РЗУ) производится из условия защиты ранней молоди ценных видов рыбы. При этом расчётную длину рыбы принимают 1–4 см.

По характеру воздействия на рыб все РЗУ разделяется на механические, гидравлические, кологические, поведенческие.

К механическим РЗУ относятся неподвижные плоские сетки, вращающиеся сетки, сетчатые барабаны и преграды на пути следования рыбы (из хвоста, камыша, щебня и т.д.).

Гидравлическими устройствами в зоне водоприема создаются особые гидравлические условия с помощью запаней, отбойных козырьков и др.) в виде внезапного местного изменения направления движения потока, скорости и т.д., что способствует отводу рыб от водоприемного окна.

Физиологические устройства (влияние электрически током, светом, звуком и т.д.)

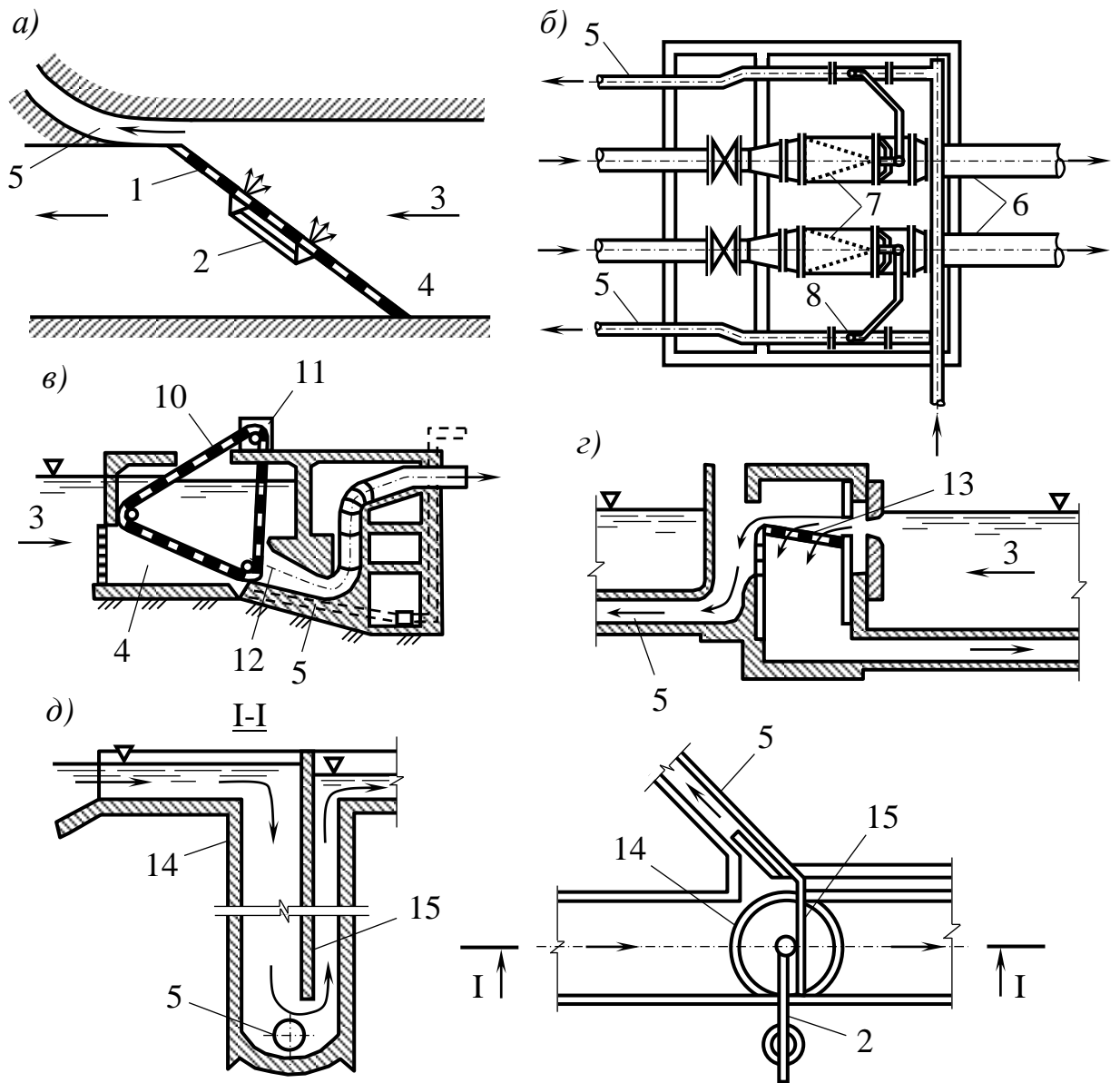
изменяет поведение рыб перед водозабором.

Экологические способы основаны на выделении в источнике нежилых зон для рыб.

Наиболее совершенными РЗУ являются фильтрующие устройства, перекрывающие водоприемные окна. Фильтрующие элемента бывают различной конструкции и из различного материала.

На существующих водозаборах используются конструкции РЗУ, прошедшие длительную практическую проверку на действующих водозаборах, обеспечивая различную степень защиты рыб и их молоди. Механические РЗУ («заградительные рыбозащитные сооружения» – основаны на принципе задержания рыб и их молоди перед водозабором с помощью каких-либо заграждений, завес, полей с последующим, обычно принудительным, отводом рыб и молоди в водоем. Рыбонепроницаемые экраны (заграждения): сетчатые и перфорированные экраны, щиты-экраны, плоские, цилиндрические, конические и иные преграды достаточно распространены (рис. 1.27).

Лобовой подвод воды, к водоочистным сеткам (плоским, вращающимся) превращает рыбу, молодь, личинки в разновидность задерживаемого на них мусора, с подлежащего последующему механическому снятию, смыву и эвакуации за пределы водоприемного колодца (рис. 1.28). При этом какого-либо разделения мусора от рыб, сепарации молоди не производится.



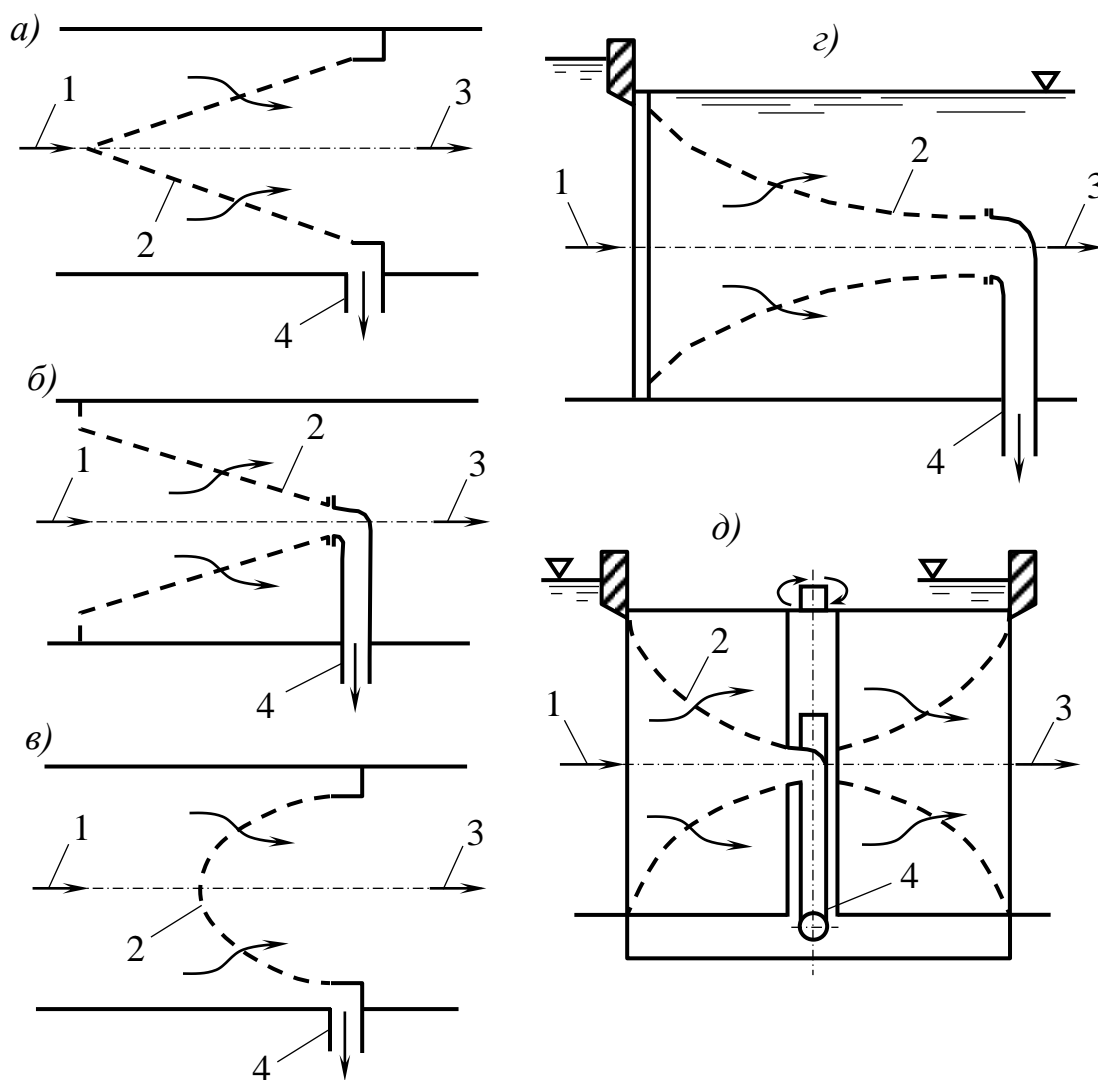
a – плоская сетка; *б* – с установкой конусных сеток на самотечных водоводах;
в – ленточная вращающаяся сетка; *г* – "Скиммер"; *д* – с неполной перегородкой в шахте
 1 – рыбозаградитель; 2 – промывное устройство; 3 – водозаборный канал;
 4 – аванкамера; 5 – рыбоотвод; 6 – самотечные водоводы; 7 – конусные сетки;
 8 – эжектор; 9 – камера сеток; 10 – вращающаяся сетка; 11 – привод; 12 – водозабор
 насосной станции; 13 – решетка; 14 – шахта; 15 – перегородка
 Рисунок 1.27 – Рыбозащитные устройства с рыбоотводом



Рисунок 1.28 – Загрязнения на секциях вращающейся сетки

РЗУ без рыбоотводов применялись на реках при наличии хорошо выраженных транзитных потоков при обязательном расположении РЗУ в самом потоке и при условии, что скорости $v_{загр}$ через сетчатые полотна не будут превышать $v_{кр}$ движения рыб. Применение РЗУ с рыбоотводом не зависит от вида источника (река, водоем). Конструкции РЗУ с защитными экранами (сетки, полотна), расположенными под углом $<90^\circ$ к потоку воды по разным данным обеспечивают рыбозащиту от 50...60% [17, 32...36] до 60...70% [10, 11] даже при высоких (1,0...1,2 м/с) подводящего потока.

Наиболее часто применялась конструкция РЗУ с рыбоотводом и защитным полотном под углом к потоку – конусное РЗУ К.К.Химицкого на $Q_{отб}$ до 0,5 м³/с (рис. 1.29). В 1983 г. их было установлено почти на 160 водозаборах.

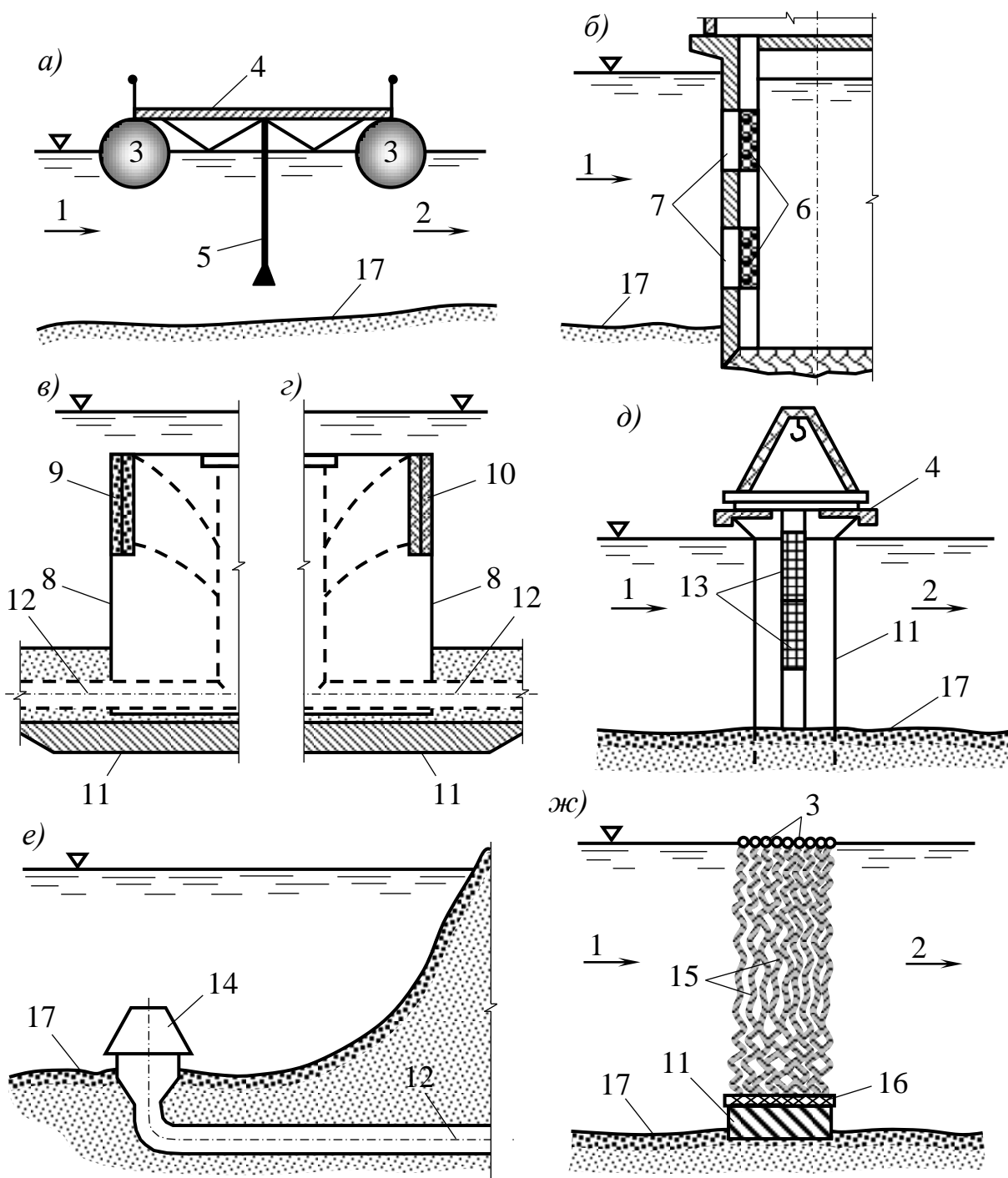


a – конус навстречу $Q_{вх}$; *б* – конус по ходу $Q_{вх}$; *в* – полуконус навстречу $Q_{вх}$; *з* – конус криволинейный по ходу $Q_{вх}$; *д* – многосекционное коническое РЗУ; 1 – подводящий канал; 2 – конусное сеточное РЗУ; 3 – отводящий канал; 4 – рыбоотвод

Рисунок 1.29 – Схемы конусных сеточных РЗУ на подводящих (самотечных) каналах и трубопроводах

Отгораживающие РЗУ применялись лишь как вариант средств рыбозащиты, отделяющих зону обитания рыб от водозабора. РЗУ этого типа представлен некоторыми конструкциями на рис. 1.30.

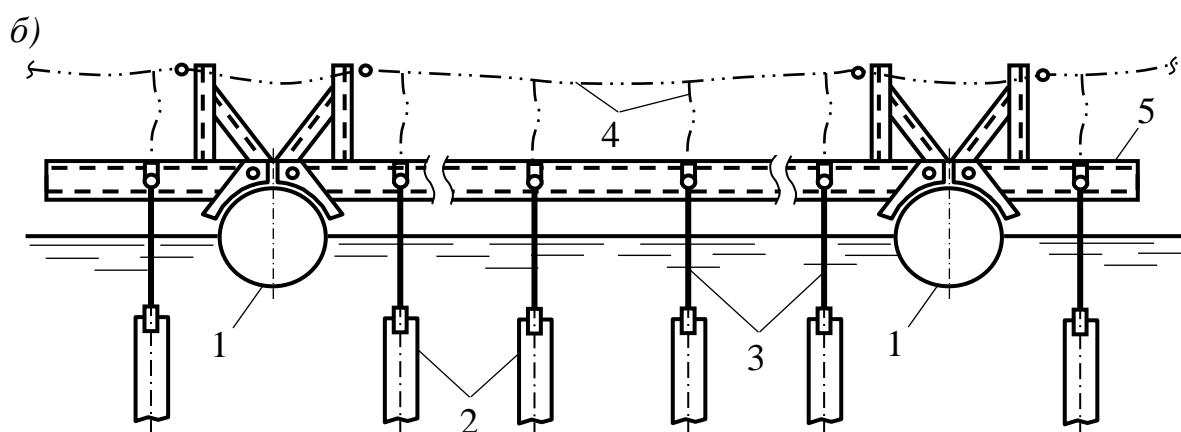
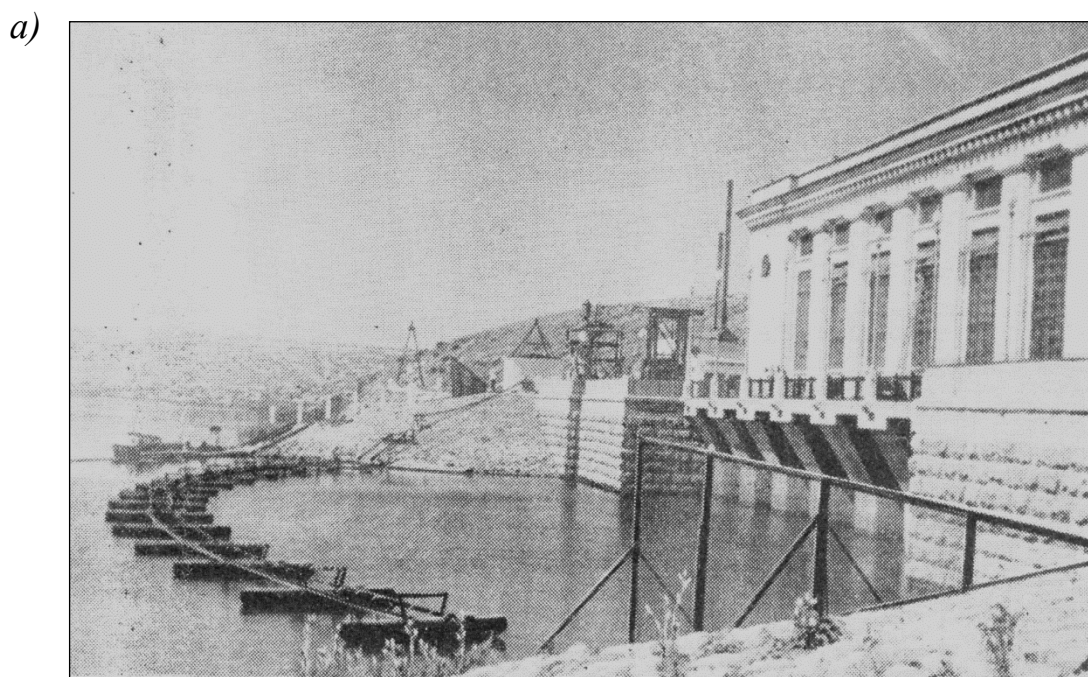
Электрорыбозаградительные устройства (ЭРЗУ) относятся к разряду физиологических (экологических) способов защиты рыб и их молоди; их применяют, как правило, на крупных водозаборах (ТЭЦ, оросительные системы). В ЭРЗУ создается электрическое поле, действие которого на рыбу (и молодь) в полной мере не изучено; встречаются различные, часто противоречивые, оценки их эффективности.



a – запань; *б* – фильтрующие кассеты в водоприемных окнах; *в* – оголовок с фильтрующими панелями; *г* – оголовок с пакетно-речной рыбозащитной кассетой (А.С.Образовский); *д* – вертикально перемещающееся зонное ограждение; *е* – зонтичный оголовок; *ж* – ограждение из синтетических водорослей
 1 – водоподводящий канал; 2 водозаборный канал; 3 – поплавки; 4 – служебный мостик; 5 – запань; 6 – фильтрующие кассеты; 7 – водоприемные окна; 8 – оголовок; 9 – фильтрующая панель; 10 – пакетно-речная рыбозащитная кассета; 11 – опорная конструкция; 12 – самотечная труба; 13 – секции зонного ограждения; 14 – зонтичный оголовок; 15 – гибкие разноцветные синтетические волокна; 16 – крепление волокон; 17 – дно водоема

Рисунок 1.30 – Отгораживающие РЗУ

ЭРЗУ состоят из опущенных в воду электродов (металлические трубы, стержни диаметром 90...100 мм), к которым поступает переменный, постоянный или импульсный ток. Электроды в 1-2 ряда укрепляются на тросовой системе или на поплавках с расстоянием 0,5...5,0 м в зависимости от преобладающего размера подходящих к ЭРЗУ рыб. На рис. 1.31 показаны общий вид ЭРЗУ и схема установки электродов.



a – общий вид электрорыбозаградителя ЭРЗУ-1 на водозаборе; *б* – схема ЭРЗУ-1: 1 – поплавки; 2 – система электродов; 3 – трос; 4 – провода; 5 – соединительный контур

Рисунок 1.31 – Электрорыбозаградитель ЭРЗУ-1

Рыбозащитные устройства н должны быть максимально просты и доступны и по технологическим решениям и стоимости, и по простоте их

обслуживания и эксплуатации. Не должны оказывать препятствия водоприему и минимально влиять на гидравлику русла.

1.7 Выводы по главе 1

1. В результате анализа литературных источников выявлены основные типы и конструкции водозаборных сооружений, запроектированных и реализованных на различных поверхностных водоитсочниках и находящихся в длительной эксплуатации с 50-60-х годов прошлого века.

2. Исходя из проведенного анализа большинство рассмотренных элементов водозаборных сооружений требуют реконструкции или капитального ремонта.

Глава 2 Анализ проблем, возникающих при длительной эксплуатации водозаборных сооружений

2.1 Особенности эксплуатации водозаборов из поверхностных источников воды

Для всех источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения обязательно устройство зон санитарной охраны (ЗСО). В соответствии со СанПиН 2.1.4.027-95 первый пояс (строгого режима) ЗСО включает территорию расположения водозаборов, площадок расположения всех водопроводных сооружений и водопроводящего канала, эксплуатацию которых осуществляет ВКХ.

Эксплуатация первого пояса ЗСО осуществляется ВКХ. Границы первого пояса ЗСО водопровода с поверхностным источником составляют (рис. 2.1).

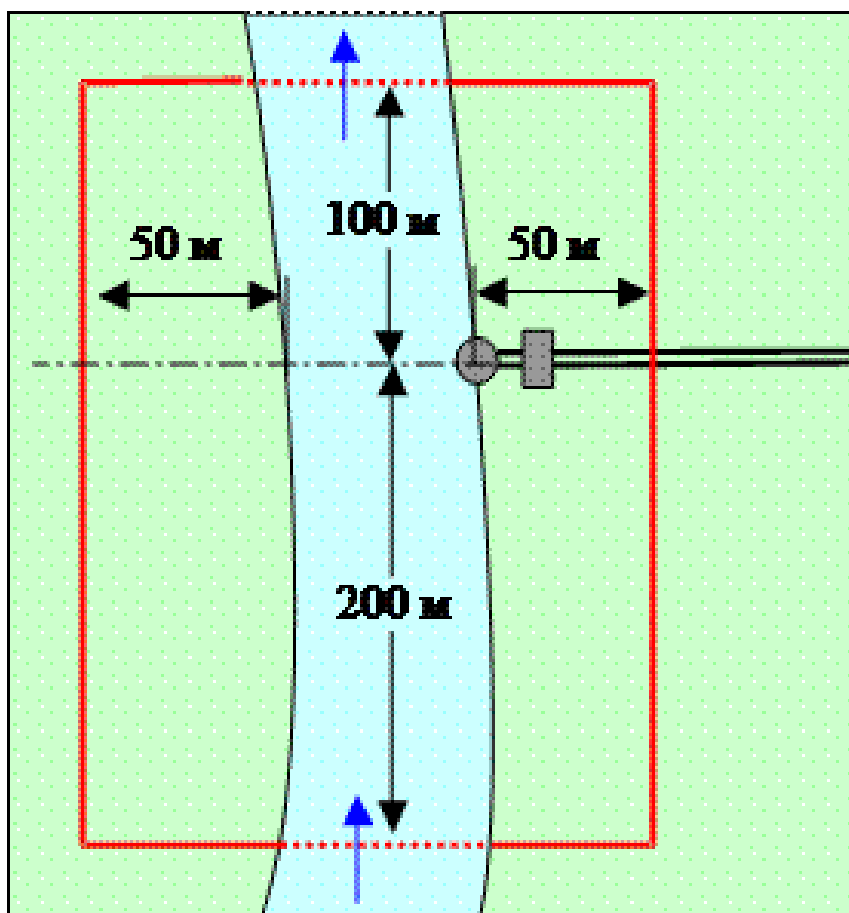


Рисунок 2.1 – Границы первого пояса ЗСО

В этой зоне запрещается любая деятельность, не связанная с эксплуатацией и работой водозаборных сооружений. Запрещается любой сброс сточных и пр. вод в водоисточник.

Ответственные за эксплуатацию первого пояса ведут постоянные наблюдения за окружающей пояс средой, в том числе, за снежным покровом, осадками и др.

Уровни воды контролируются на водомерных постах.

Санитарное состояние водоисточников контролируется отбором проб воды на анализ.

Контроль и наблюдение за водозабором выявляет неполадки, возможные повреждения и оперативно реагировать на возникающие угрозы нормальной работе гидроузла. В результате вовремя проводятся профилактические и ремонтные работы.

Самым простым и широко используемым средством борьбы с обрастанием элементов водозаборов гидробионтами является предхлорирование воды с подачей хлора перед водоприемным окном. Эта операция производится в летний период (в период максимальной интенсивности развития дрейсены) 2–3 р. в году в течении не менее 7 суток, доза хлора 4-6 мг/л.

«Для борьбы с шугообразованием на водоприемных сооружениях используются следующие методы:

– непосредственно у водоприемного сооружения: подача пара и нагретой воды к водоприемным окнам, обратная промывка, электрообогрев решеток, гуммирование стержней решеток, на время образования шуги установление деревянных решеток, снижение входной скорости потока воды, обколка льда с устройством майны над оголовками и удаление шуго- ледовой массы с плавсредств;

– направленные на обеспечение раннего ледостава – установка шугоотбойных запаней из бруса или на мелководных реках плетнями из хвороста.»

«В борьбе с шугообразованием хорошие результаты дает использование водовоздушных завес. Для этого по дну реки на некотором удалении от водоприемных сооружений укладываются перфорированные трубопроводы диаметром 50–100 мм с отверстиями 2-4 мм с шагом примерно 25 см. Сжатый воздух с расходом 1 м³/мин на 1 м длины трубопровода, выходя из перфорированных труб, создает зону восходящих потоков. Они выносят шуголедовые массы на поверхность воды, предотвращая их вовлечение в водоприемные окна.»

«В случаях, связанных с промерзанием реки, для обеспечения более полного захвата подрусловых вод рекомендуется устраивать ниже по течению от водозабора мерзлотные пояса. Мерзлотный пояс создается периодическим снятием снегового покрова на полосе шириной 5–10 м, пересекающей подземный поток на всей ширине долины.»

«Борьба с наледями ведется путем утепления водотока, углубления перекаатов, спрямления русла, а также скалывания льда у водозабора, устройства прорезей в ледяном покрове реки и т.д.»

Обслуживают водозаборные сооружения и насосные станции машинисты и операторы на решетки.

Работники занятые при эксплуатации водозабора соответствующей производительности:

- ✓ до 16 тыс.м³/сут – 3,5 чел.-смен/сут;
- ✓ 16...50 тыс.м³/сут – 5,5 чел.-смен/сут;
- ✓ 50...150 тыс.м³/сут – 7 чел.-смен/сут;
- ✓ свыше 150 тыс.м³/сут – 9 чел.-смен/сут.

«Перед приемкой водозаборных сооружений в эксплуатацию сотрудники наладочной или эксплуатационной организации осуществляют

обследование и сверку исполнительной документации с проектными решениями, производят замеры высоты расположения приемных отверстий, проверку значений входных скоростей и их направления, а также доступности к запорной арматуре и подъемным механизмам, правильности монтажа всасывающих линий, работы подъемных механизмов, промывочных устройств и т.д.»

При эксплуатации водозабора осуществляются мероприятия по планово-предупредительному осмотру (ППО) и планово-предупредительному ремонту (ППР) в соответствующие сроки.

Увеличение подачи воды через самотечные линии без изменения диаметра и размеров колодцев достигается герметизацией береговых колодцев и созданием в них вакуума.

При эксплуатации сифонных водозаборов требуется обращать внимание на герметизацию трубопроводов и арматуры сифонных линий; автоматизацию удаления воздуха из этих линий; исключение их вибрации, связанной с появлением кавитации в нисходящих участках трубопровода при нарушении сплошности потока в нем.

Эксплуатация ковшовых водозаборов должна также обеспечивать наблюдение и уход за ковшом. Очистка его от ила производится по мере надобности, но не реже 1 раза в 2...3 года. При более редких чистках (один раз в 5...7 лет) ковши зарастают водорослями, травой и кустарником» [3].

2.2 Проблемы заиления и биообрастания

При нарушении сроков текущих и капитальных ремонтов, а также отсутствии периодических обследований затопленных водоприемников, самотечных линий и береговых колодцев возможно их заиление и биообрастание.

Заиление и биообрастания снижают пропускную способность водозаборных сооружений и ухудшают качество подаваемой на очистку воды.

К биообрастаниям относятся различные виды водорослей, а также моллюск дрейссена. Степень обрастания элементов конструкций водозаборных сооружений, а также трубопроводов может достигать 50%.

Двухстворчатые моллюски дрейссена известны с раннего палеозоя. Наиболее распространены два из шести видов дрейссены влияющих на работу водозаборов: Речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*); Бугская дрейссена (*Dreissena bugensis*).

Например, в Куйбышевском водохранилище в основном присутствуют именно эти два вида (рис. 2.1).

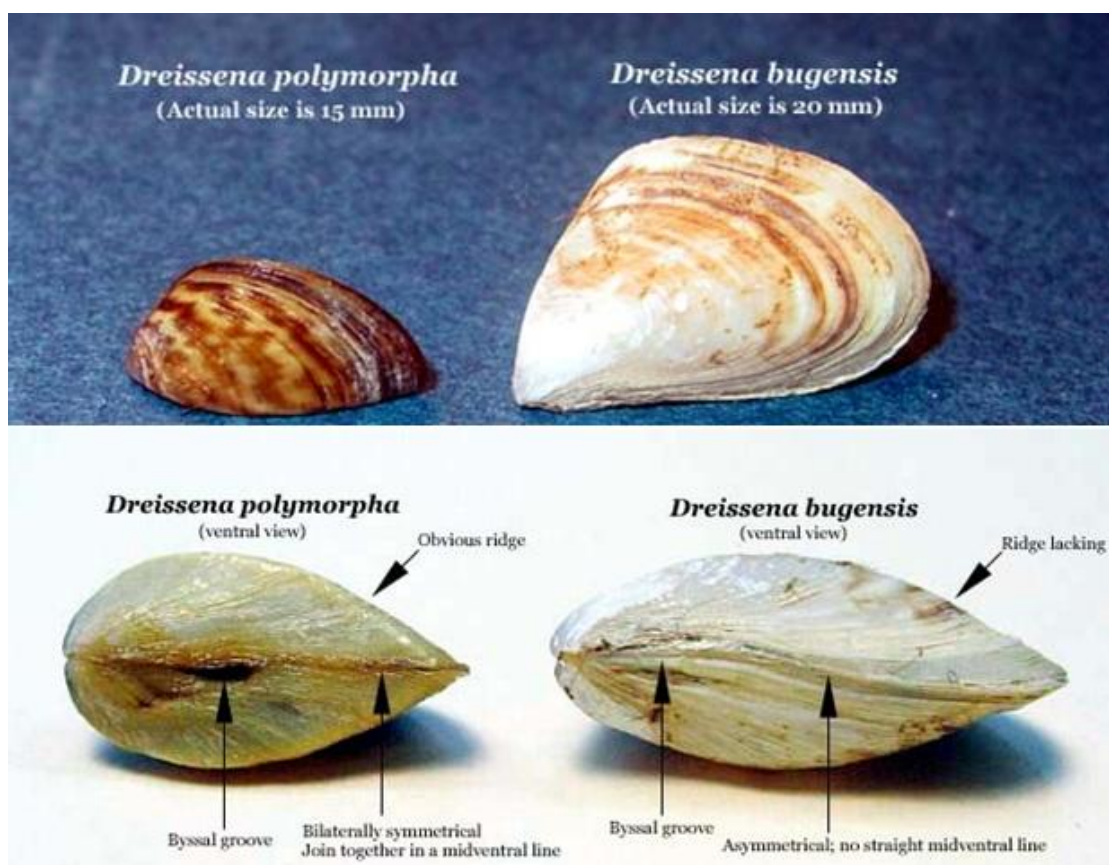


Рисунок 2.1 – Речная дрейссена (*Dreissena polymorpha*) и Бугская дрейссена (*Dreissena bugensis*)

Наиболее интенсивно дрейссена развивается в водохранилищах в условиях зарегулированных водотоков. Например, весь каскад

водохранилищ на Волге заселен этим моллюском и оказывает существенное влияние на водозаборные сооружения.

Максимальной численности моллюск дрейссена достигает во второй половине августа, что вызвано, продолжительным прогревом воды благоприятного для развития моллюсков. Во второй половине сентября численность и биомасса моллюсков снижается из-за падения температуры воды ниже 16°C.

Речная дрейссена закрепляется на стенках трубопроводов, решетках, сетках, металлических и железобетонных конструкциях водозабора, а также друг за дружку, образуя многослойный покров, уменьшающий живое сечение конструктивных элементов и трубопроводов.

Замедление скорости течения рек, в следствии их зарегулирования, привело к замедлению процессов водообмена и самоочещения, что привело к изменению биоценоза в целом. Например, Волжский каскад рис. 2.2

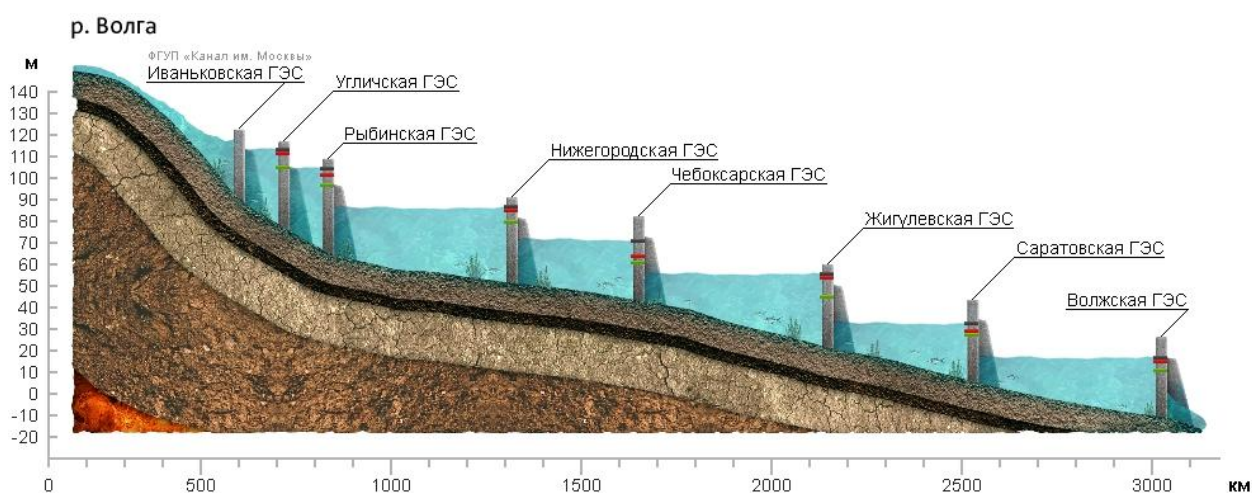


Рисунок 2.1 – Волжский каскад

На водоприемных оголовках образуются обильное скопление моллюсков на биопленке на их конструкциях. Например, рис. 2.3. и 2.4.

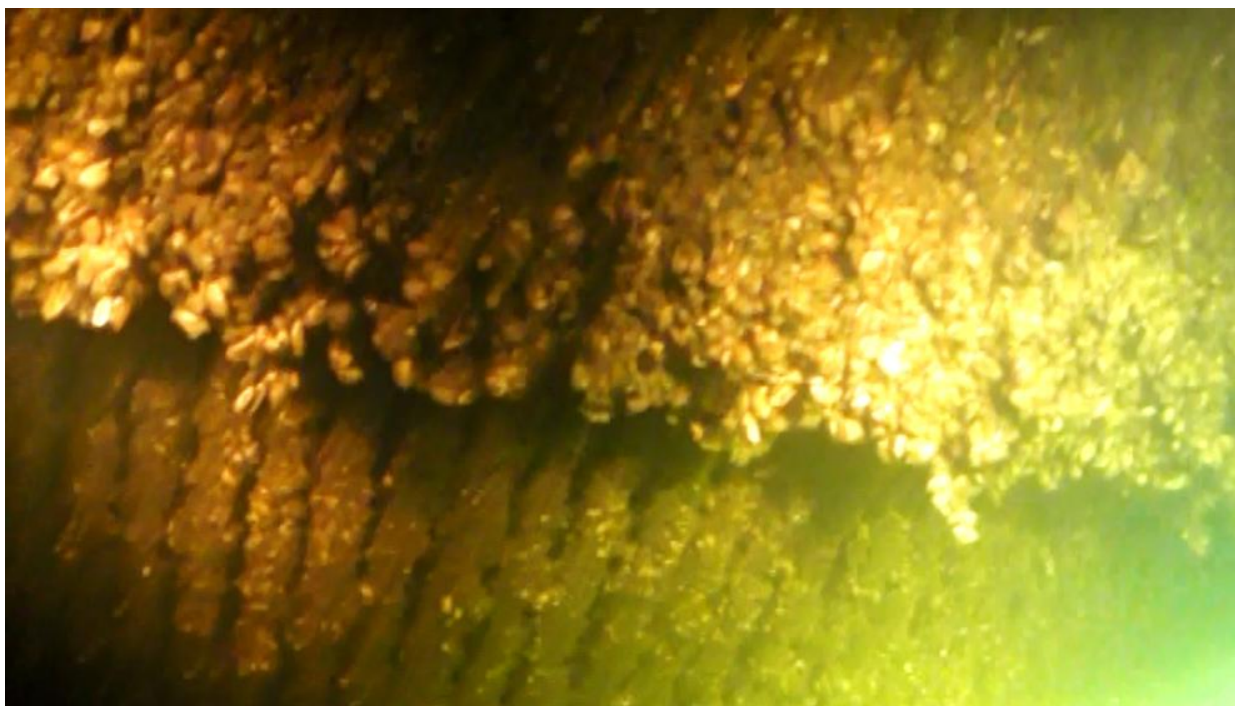


Рисунок 2.2 – Обрастание дрессеной поверхности водоприемных оголовков и решеток (водозабор г. Жигулевск)



Рисунок 2.4 – Дрейссена заблокировавшая насос и трубопровод

После отмирания створки дрейссены вовлекаются потоком воды в насосное оборудование и транспортируются далее на очистные сооружения, что негативно сказывается на их работе (увеличение числа промывок микрофильтров).

2.3 Проблемы водоприемных сооружений (решетки и сетки)

В процессе эксплуатации водоприемников сороудерживающие решетки и сетки, особенно находящиеся в труднодоступных местах в подводном состоянии, с отсутствием возможности их очистки, например, в связи с выходом из строя грузоподъемного оборудования подвержены биообрастанию, коррозии, физическому износу, а также возможным повреждениям крупным плавающим мусором (особенно на лесосплавных реках) (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Топляк возле решетки и решетка подверженная биообрастанию и коррозии

Существует множество достаточно крупных водозаборов с оголовками на которых отсутствуют сороудерживающие решетки на оголовках.

Например, в результате обследования водоприемных оголовков на водозаборных сооружениях ТЭЦ-2 в г. Уфа, выполненных в виде решетчатых коробов выявлено их частичное повреждение, заилиние, засорение различным мусором и топляком, биообрастание и коррозия (рис. 2.6).





Рисунок 2.6 – Кадры водолазного видеообследования оголовков на ТЭЦ-2 в г. Уфа

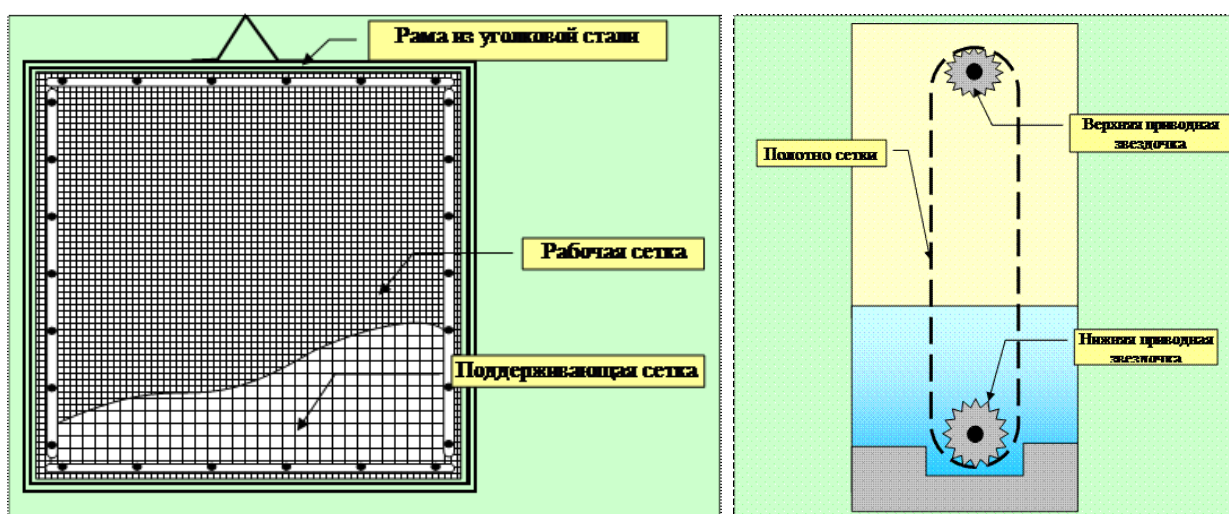
Подобная картина выявлена при водолажном обследовании защитных решеток на всасывающих трубопроводах при обследовании плавучего водозабора ТЭЦ-2 в г. Уфа (рис. 2.7).





Рисунок 2.7 – Кадры водолазного видеообследования защитных решеток на всасывающих трубопроводах при обследовании плавучего водозабора ТЭЦ-2 в г. Уфа

В береговом колодце размещаются плоские или вращающиеся сетки
рис. 2.8.



Сетки подвержены порывам, механическому износу, обрастанию, отложениям и коррозии. На вращающихся сетках возможен выход из строя электропривода и движущихся механизмов.

2.4 Проблемы рыбозащиты и защиты от шуги на водозаборных сооружениях

На многих водозаборах волжского бассейна рыбозащита, как таковая, не предусмотрена или не удовлетворяет экологическим требованиям. Причем это касается как множества небольших водозаборов, так и крупных промышленных, обеспечивающих водой крупные предприятия. Часто на подобных водозаборах водоприем осуществляется через открытые раструбные оголовки или непосредственно всасывающими линиями насосной станции первого подъема с защитой от крупного мусора. При этом требования рыбозащиты не выполняются и возможно вовлечение молодежи рыбы в водоприемник или всасывающие линии и далее систему водоснабжения на очистку.

Открытый водоприем и отсутствие мероприятий по предотвращению попадания шуги в водоприемные отверстия, вышедший из строя электрообогрев решеток на оголовках могут привести к аварийной ситуации на водозаборном сооружении.

2.5 Проблемы насосных станций первого подъема

Оборудование многих насосных станций первого подъема длительно находящихся в эксплуатации устарело, многократно ремонтировалось и требует замены.

Насосные станции первого подъема оборудовались насосами типа К, Д, В (рис. 2.9), например, в п. Гранный, Самарской области.



Рисунок 2.9 – Насосы разных типов на насосной станции первого подъема, находящейся в длительной эксплуатации (п. Гранный, Самарской области)

Также насосные станции первого подъема могли оборудоваться погружными насосами (рис. 2.10). Например, НС-1 г. Жигулевск.



Рисунок 2.10 – Глубинный погружной насос

Насосное оборудование может быть частично или полностью изношено и требует замены.

Негативное влияние на работу насосной станции могут оказать:

- биообрастания (моллюск дрейссена, водоросли);
- отсутствие защитных устройств на водоприемных окнах;
- коррозия и минеральные отложения;
- длительный срок эксплуатации.

Помимо насосного оборудования после длительной эксплуатации требуют замены дренажные насосы, грузоподъемное оборудование, контрольно-измерительные приборы и устройства, система автоматизации и аварийной сигнализации, запорно-регулирующая и предохранительная арматура, трубопроводная обвязка и др.

Проблемы подобного рода возникают при отсутствии должного финансирования на текущий и капитальный ремонт.

2.6 Выводы по главе 2

В результате анализа проблем, возникающих на водозаборных сооружениях из поверхностных источников при их длительной эксплуатации выявлено:

1. Требуется осуществление текущего и капитального ремонта в соответствии с требованиями.

2. Отсутствие должного финансирования привело к сильному износу оборудования многих водозаборов в РФ.

3. При длительной эксплуатации водозаборных сооружений возникают проблемы биообрастания и заиления водоприемников и оборудования водозаборов.

4. Открытый водоприем на многих водозаборных сооружениях не обеспечивает необходимой степени рыбозащиты, а также защиты от шуги и внутриводного льда.

5. Износ оборудования водозаборных сооружений требует его замены и реконструкции.

Глава 3 Разработка мероприятий по совершенствованию и реконструкции водозаборных сооружений

3.1 Совершенствование водоприемных устройств

Водоприемные окна, оборудованные решетками, в настоящее время не обеспечивают требований рыбозащиты и шугозащиты. А также отсутствие на водоприемных окнах водоприемников каких-либо защитных устройств не обеспечивает этих требований.

Для обеспечения требований рыбозащиты и получения надлежащего качества воды наиболее целесообразно применение фильтрующего водоприема. При этом возможно обеспечение требуемого количества воды при обустройстве на существующих водоприемниках фильтрующих элементов.

Для этого вместо сорудерживающих решеток возможна установка фильтрующих кассет с насыпным фильтрующим материалом, керамзит, щебень, гравий, галька, порозластовые шарики (рис. 3.1, 3.2, 3.3).

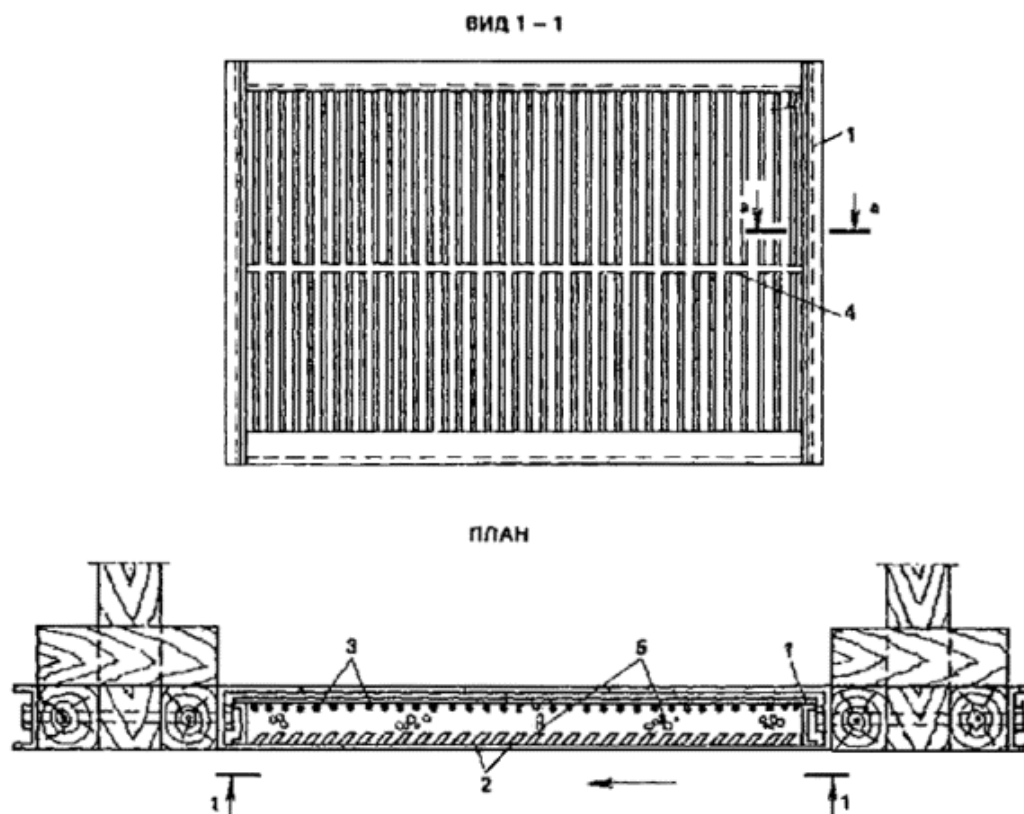


Рисунок 3.1 – Плоская насыпная фильтрующая кассета

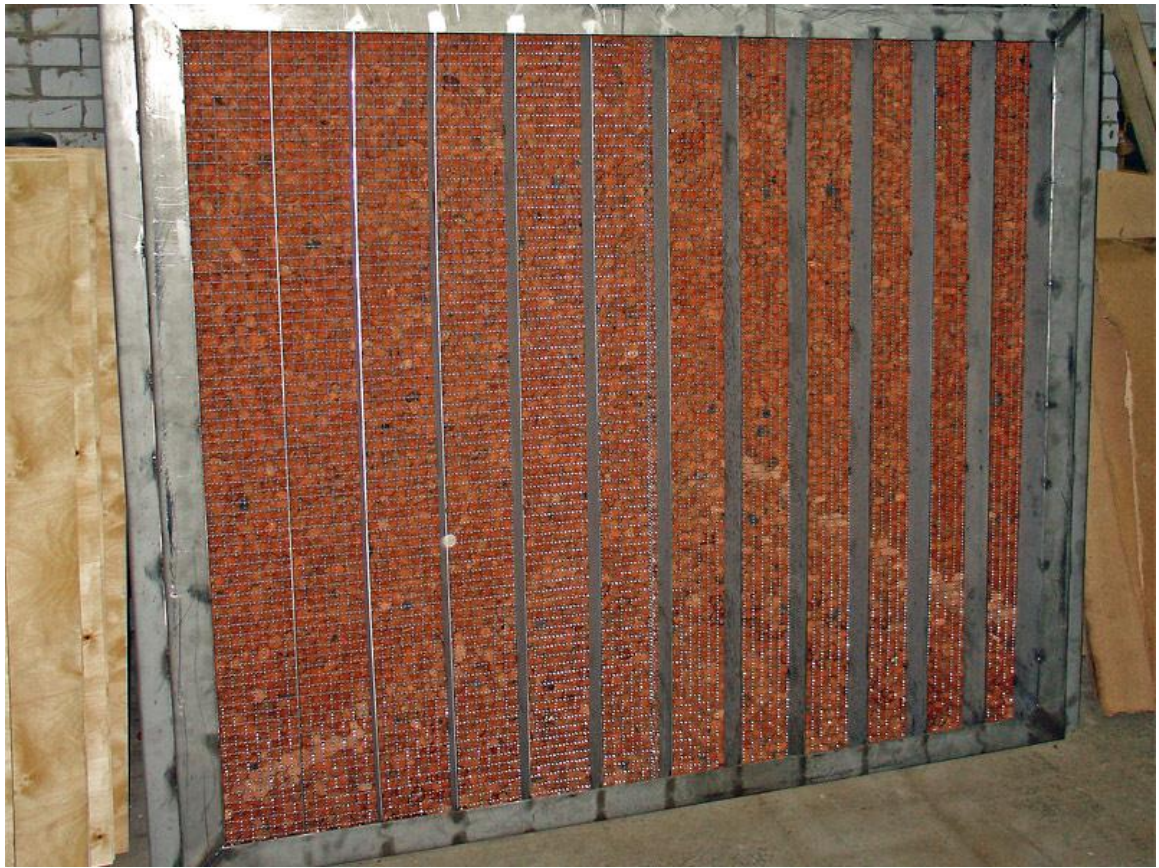


Рисунок 3.2 – Плоская фильтрующая кассета с керамзитом



Рисунок 3.3 – Фильтрующая кассета, заполненная пороэластовыми шариками

Возможно использование кассет со связанным фильтрующим материалом порозластом, пористым бетоном и пр. (рис. 3.4, 3.5).

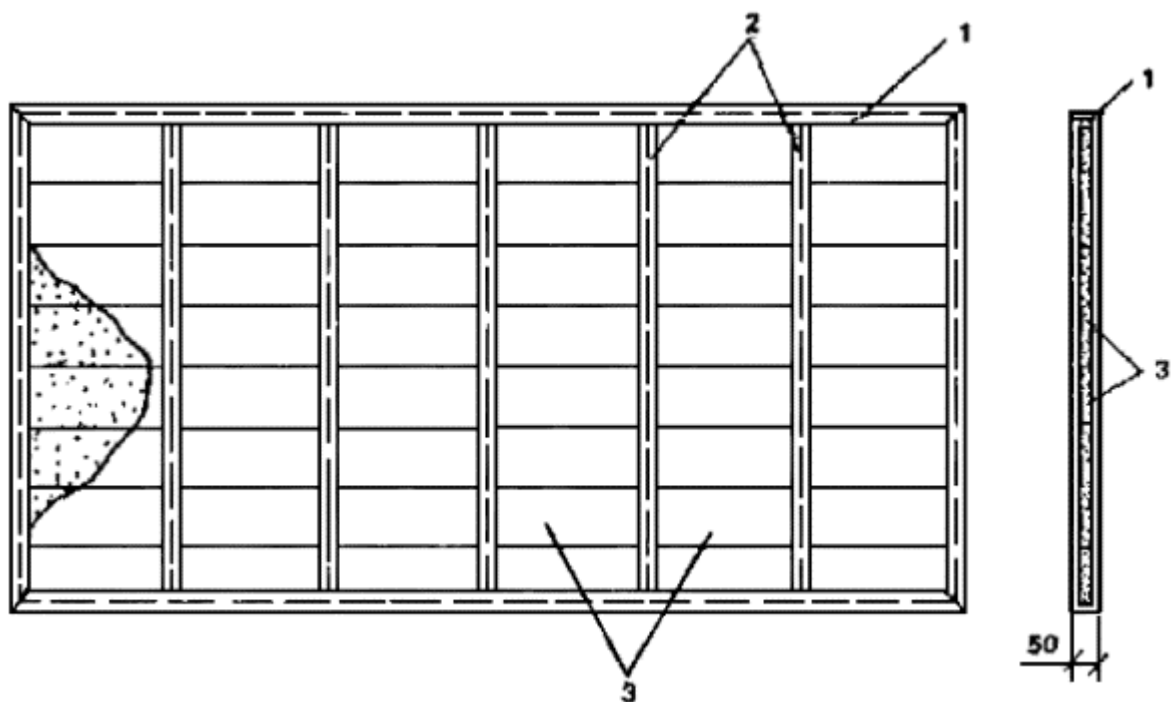


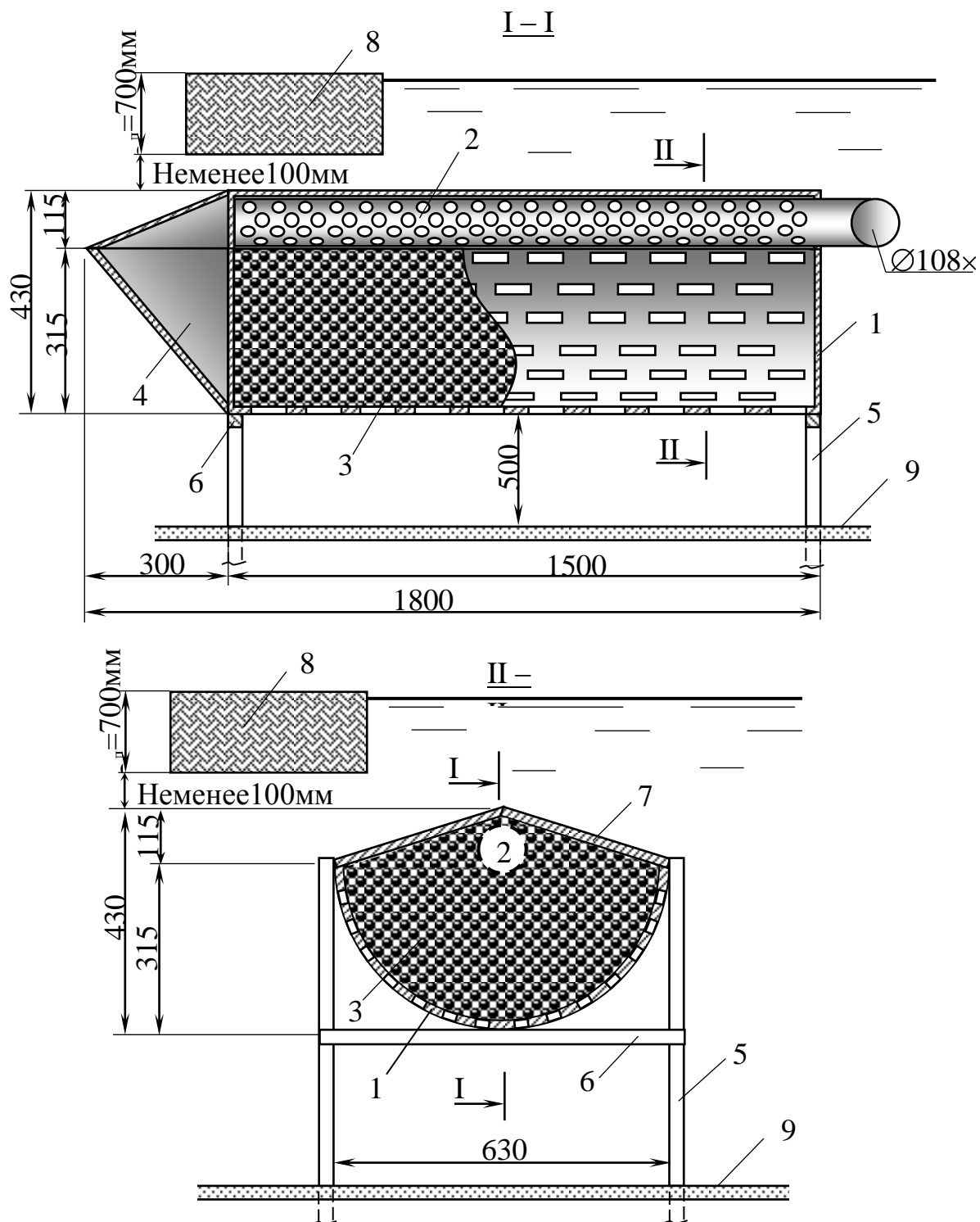
Рисунок 3.4 – Фильтрующая кассета из порозласта



Рисунок 3.4 – Пористый бетон

Применение фильтрующих кассет позволит решить сразу проблему рыбозащиты и защиты от шуги.

При заборе воды через раструбные незащищённые оголовки предлагается применять фильтрующие водоприемники различных конструкций. Например, показанной на рис. 3.5.



1 – корпус перфорированный; 2 – водосборный трубопровод перфорированный; 3 – фильтрующий материал; 4 – устройство струнаправляющее; 5 – опоры; 6 – балки; 7 – непроницаемая часть корпуса; 8 – лед; 9 – железобетонные плиты

Рисунок 3.5 – Фильтрующий оголовок

Для уменьшения воздействия на русло водоисточника предлагается использовать фильтрующие водоприемники в виде расположенных вровень с дном лотков с дренажно-водосборными устройствами (рис. 3.6).

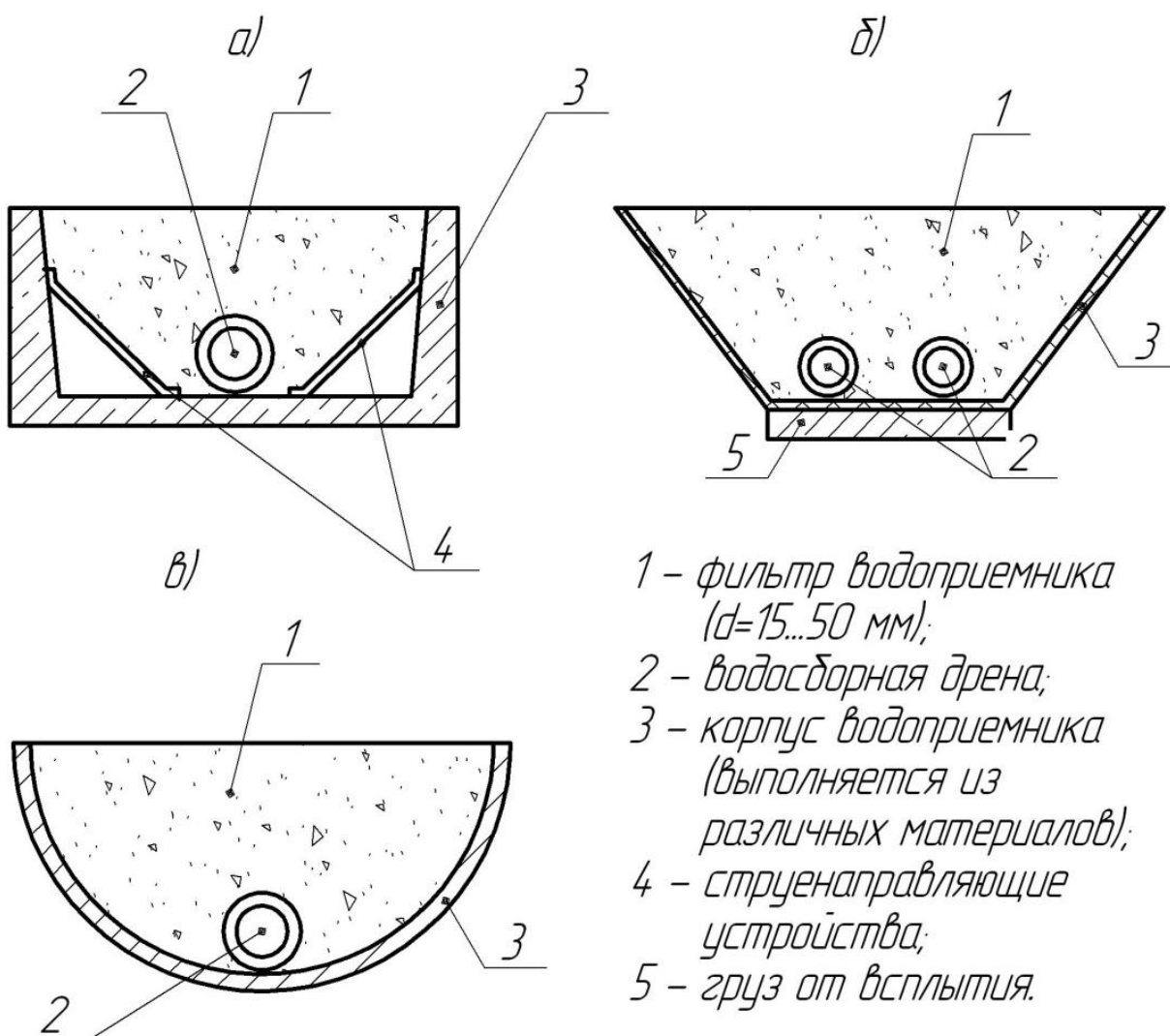
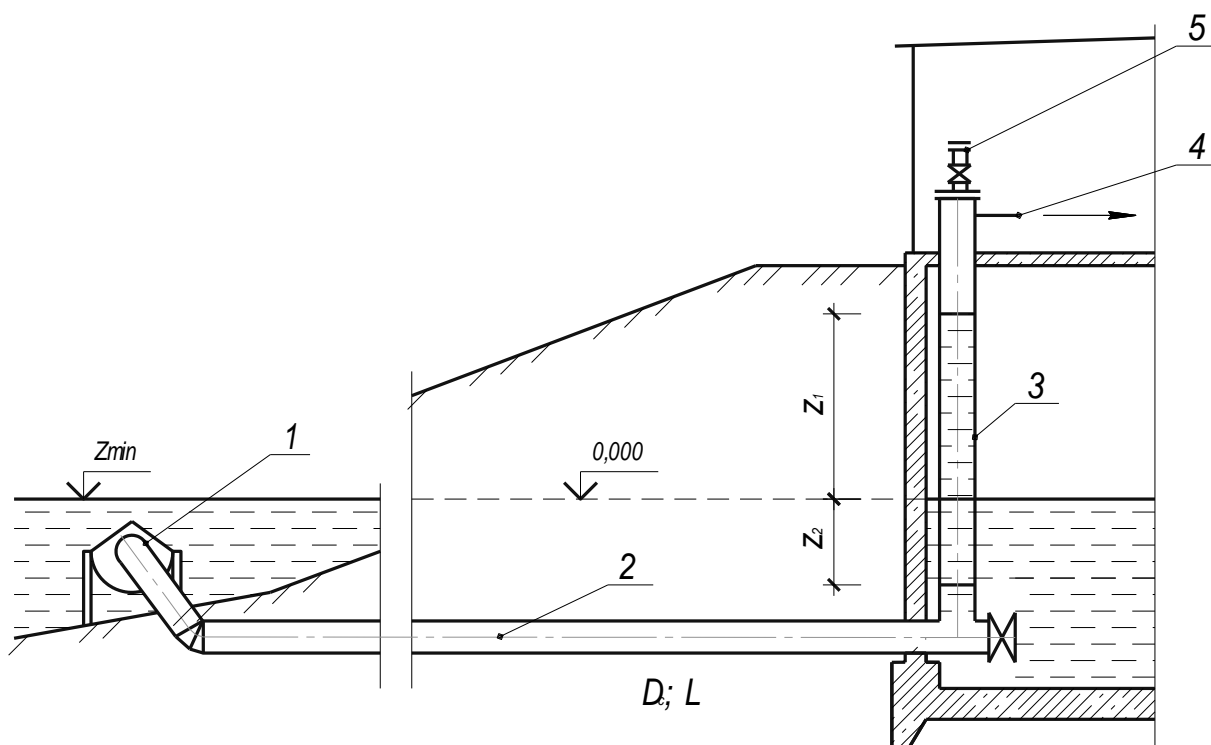


Рисунок 3.2 – Фильтрующие водоприемники в лотке на уровне дна

Применение подобных конструкций позволит обеспечить бесперебойный водоприем, защиту от щуги и рыбозащиту.

3.2 Восстановление проницаемости фильтрующих элементов

Для восстановления проницаемости фильтрующих кассет на оголовках, фильтрующих водоприемников, а также промывки самотечных линий наиболее целесообразна импульсная промывка рис. 3.3.



1 – водоприемник; 2 – самотечный водовод; 3 – вакуум-стояк; 4 – труба к вакуум-наосу; 5 – клапан для впуска воздуха в вакуум-стояк

Рисунок 3.3 – Схема к расчету импульсного промыва

Импульсная промывка позволит обеспечить равномерный вымыв частиц загрязнений из фильтра, а также минимизировать энергозатраты на промывку по сравнению с обратной промывкой.

3.3 Мероприятия на насосных станциях первого подъема

На насосных станциях первого подъема находящихся в длительной эксплуатации имеется необходимость в замене основного и вспомогательного оборудования, систем автоматизации и электрообеспечения.

В качестве основного насосного оборудования наиболее перспективными являются погружные насосы. При этом возможна установка этих насосных агрегатов в заглубленном положении, а также и в «сухом» (рис. 3.4).

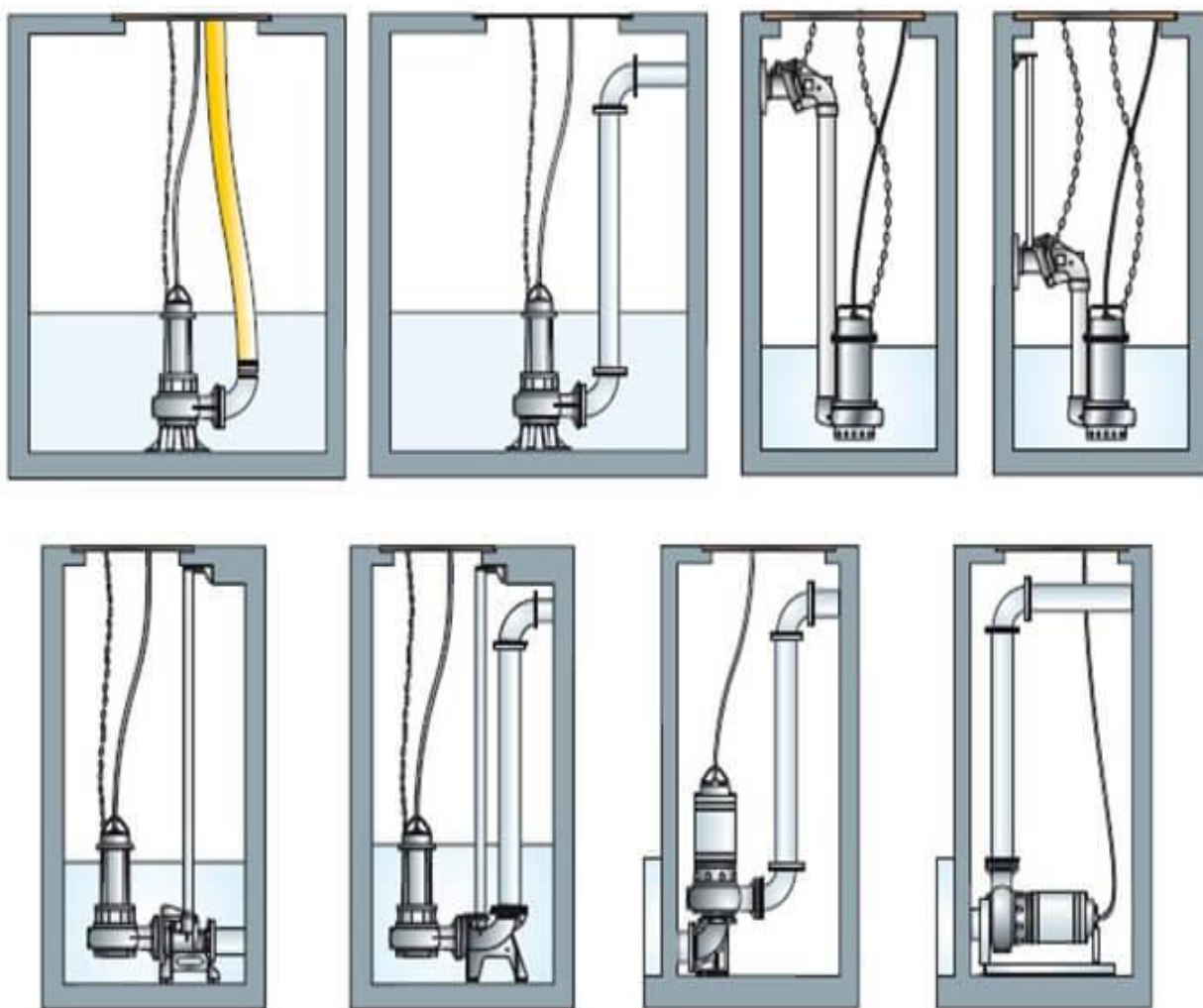
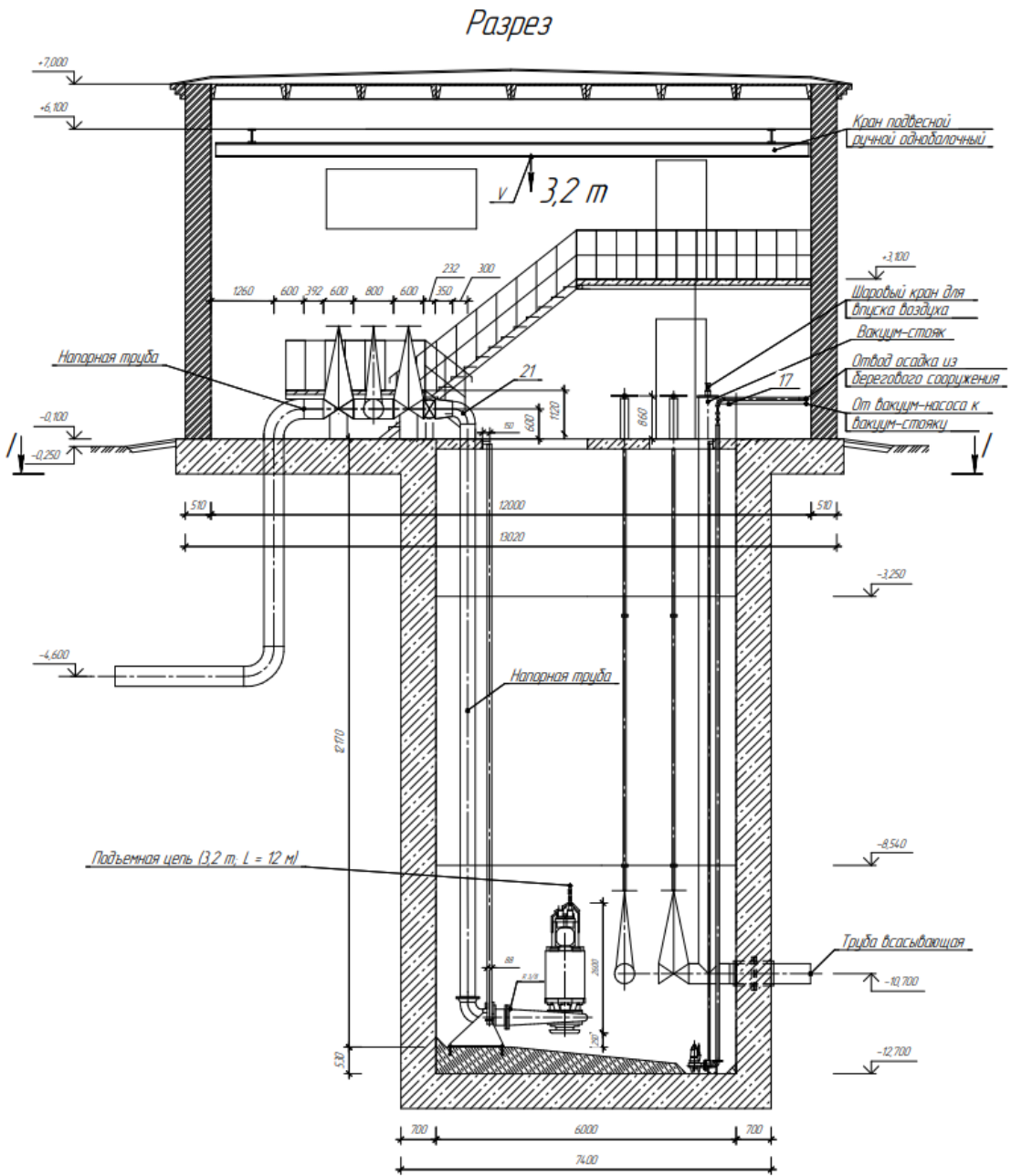
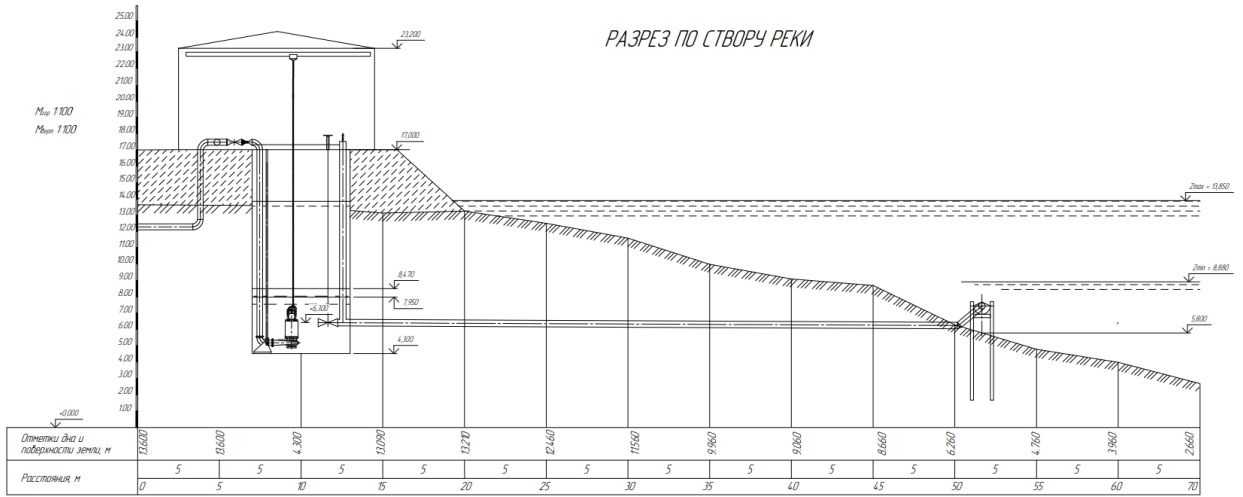
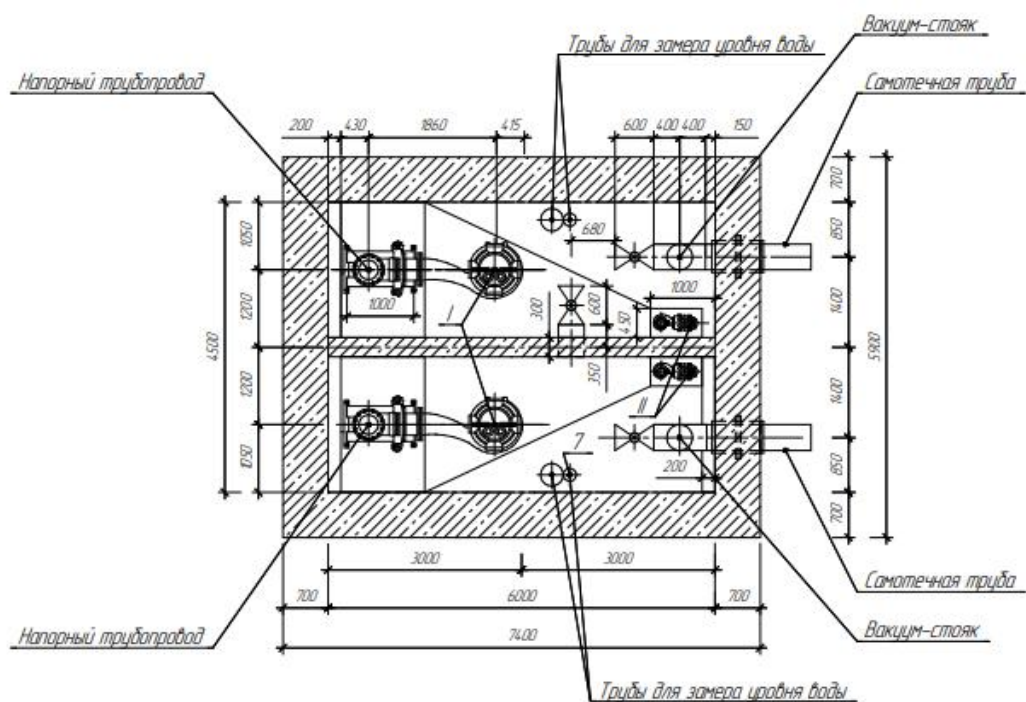


Рисунок 3.4 – Возможные варианты установки насосов в береговом колодце или в машинном зале насосной станции первого подъема

Это позволит высвободить пространство на насосной станции, уменьшить количество трубопроводов и запорно-регулирующей арматуры, уменьшить электропотребление, понизить уровень шума.

Пример размещения подобного насосного оборудования в береговом колодце представлен на рис. 3.5.





ЭКСПЛИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
I	Погружной насос GRUNDFOS модели S2 3004 S2	2	шт.
II	Погружной дренажный насос GRUNDFOS модели SE150.65.15.2.50B	2	шт.
III	Вакуум-насос масляный Pneumatofore серии UV160	2	шт.
IV	Трансформатор марки ТМ 630/6-10	2	шт.
V	Кран подвесной ручной однопалочный грузоподъемностью 3,2 т	1	шт.
VI	Лук для монтажа насосов S2 3004 S2	2	шт.
VII	Лук для монтажа насосов SE150.65.15.2.50B	2	шт.

Рисунок 3.5 – Насосная станция первого подъема с погружными насосами

Пример выбранного насосного оборудования на рис. 3.6.

S2 2504 S2 50Hz

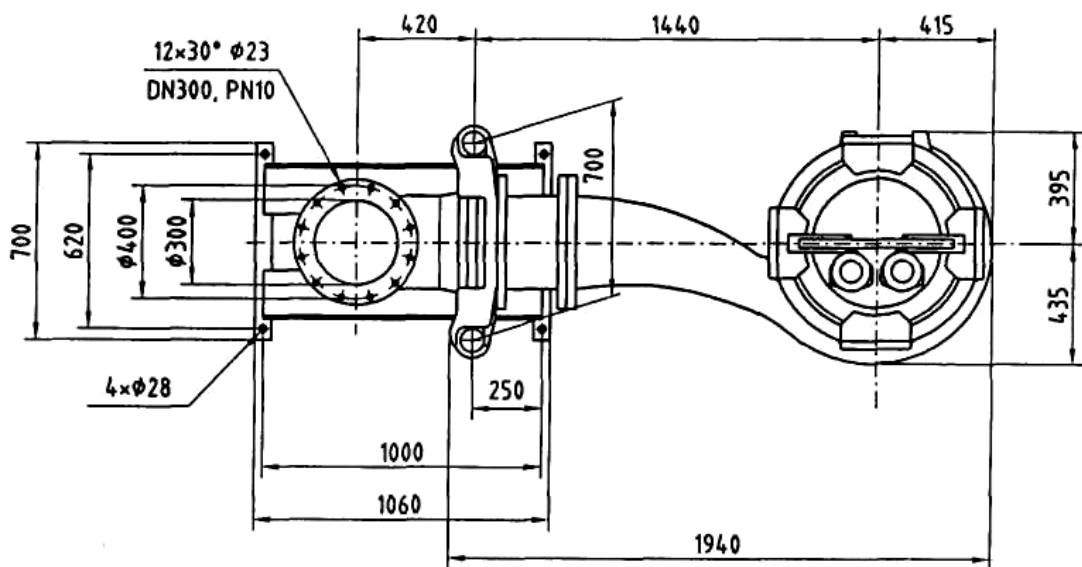
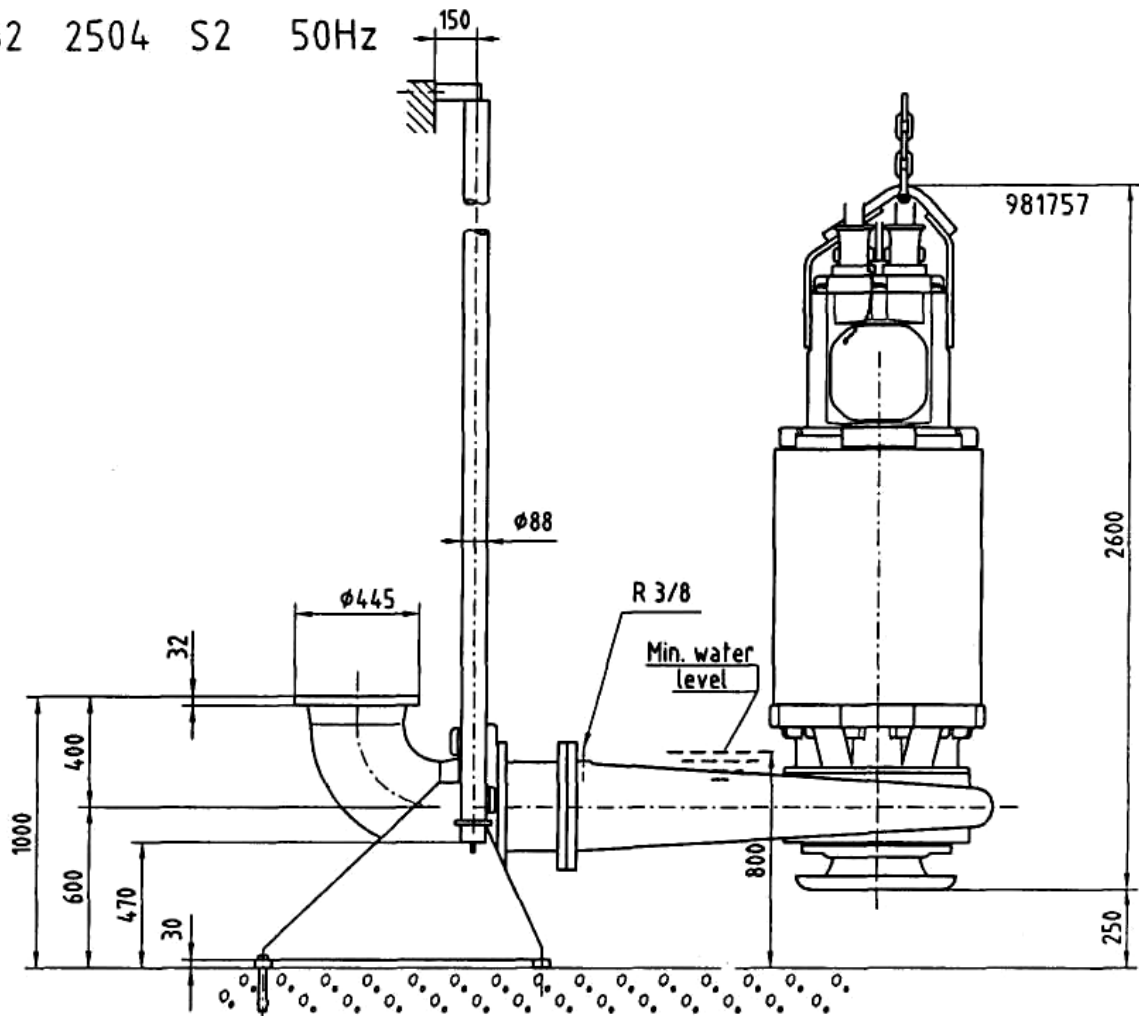


Рисунок 3.6 – Габаритные размеры насоса S2 3004

3.4 Особенности проведения работ по реконструкции затопленных водоприемников

Работы по модернизации или реконструкции на водозаборных узлах могут проводиться на нескольких объектах включая комплекс работ по замене оборудования. Мероприятия предполагают комплексный подход по обследованию, переоборудованию, замене отдельных элементов водозаборного узла.

Это может быть полномасштабная перестройка с заменой большей части оборудования и проведением пуско-наладочных работ.

Финансирование подобных проектов может осуществляться как за счет городского бюджета, так и за счет средств Водоканалов.

Водозаборные сооружения, построенные на реках и находящиеся в длительной эксплуатации рано или, поздно будут подвергнуты реконструкции. Появились новые возможности по модернизации водоприемников, к тому же поменялись и законы, относящиеся к охране природы, в том числе по отношению к рыбным ресурсам рек и озер.

Поэтому в ходе работ придётся реконструировать водозабор так, чтобы рыба не страдала от его работы и не попадала в воду, выкачиваемую насосной станцией первого подъёма. Вода из реки поступает в оголовок. Что же представляет собой этот оголовок построенный в 60-е годы прошлого века? Например, деревянную конструкцию, имеющую два водоприёмных окна. На каждом из них имеются решётки, выполненные из металлического прута. Ячейки у такой решётки достаточно крупные – от 3 до 4 см. Получается, что жертвами водозабора могут стать мальки и молодняк – самые главные рыбные ресурсы, так как без них воспроизводство рыбы будет недостаточным. О том, что могло за эти годы случиться под водой с деревом, говорить излишне. Система очистки воды уже не справляется с тем, что поступает через старые водоприёмные устройства из реки. Вот почему сегодня возникла необходимость взяться за реконструкцию этих оголовков.

Организация работ по реконструкции, может производиться зимой, когда река скрыта подо льдом. Ведь там, где находятся старые оголовки, река может иметь значительную глубину. Водоприёмные устройства могут быть расположены на значительном расстоянии от береговой линии. Поэтому использование ледяного покрова достаточно перспективно с точки зрения выполнения работ по реконструкции водоприемников.

Работы при этом ведут водолазы, которые спускаются в проруби. Необходимые строительные материалы и технику им доставляют по льду и спускают при помощи специальных кранов. Водолазы могут подготовить площадки, где будут поставлены оголовки новой конструкции. Эти водоприёмники должны иметь специальные рыбозащитные устройства.

Вода будет проходить через специальные кассеты, наполненные шариками из полиэтилена. Диаметр этих шариков равен двум сантиметрам. Когда устанавливаются новые водозаборы под насосные станции, проектирование их учитывает не только технические, но и климатические, ихтиологические и гидрологические характеристики водоёма. Приёмные кассеты поэтому разрабатываются каждый раз индивидуально.

Но до установки этих заградителей для проникновения рыбы в водозабор ещё должно пройти время, за которое водолазы на разровненной площадке выполняют подсыпку из щебёнки и смонтируют железобетонное основание в виде плиты, на котором и будут держаться опоры водозаборников.

Помимо того, что рыбные ресурсы теперь будут оставаться в сохранности, водозабор станет мощнее, что позволит расширить водопроводную сеть.

3.5 Берегоукрепление

Укрепление берега около водозаборных сооружений является одной из важнейших задач в процессе реконструкции водозаборного узла (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Укрепление береговой линии габионами

Этот способ защиты полосы берега, позволяет минимизировать риск размыва практически к нулю. Можно с уверенностью классифицировать подобные работы, как капитальное берегоукрепление. Условно, эту задачу можно решить двумя средствами:

Габионные конструкции

Шпунтовые конструкции (преимущественно из ПВХ)

Основным преимуществом габионных конструкций можно считать их надежность. Береговая полоса водоёма, зафиксированная с помощью габионов не размывается и не поплывет в течении большого количества времени. Впервые, этот способ берегоукрепления нашел применение на территории Европы, но в последнее время, подобные конструкции можно заметить на территории нашей страны.

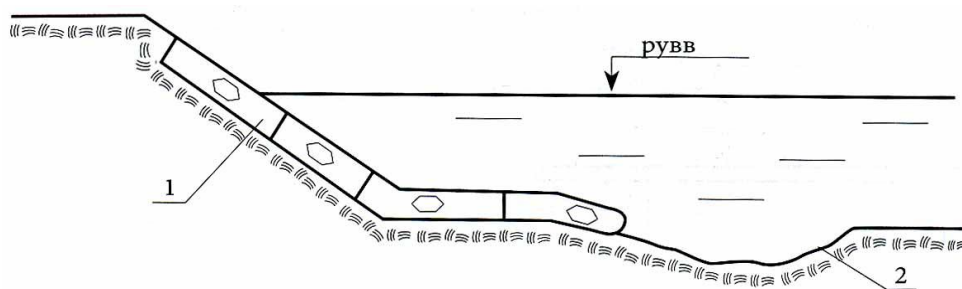
Оценить эффективность их применения можно, рассмотрев прибрежную полосу рек, водоемов, обводных каналов и склоны, прилегающие к железнодорожным путям. Именно в последнем случае, габионы получили наиболее частое распространение — с их помощью

фиксируют откосы и склоны, предотвращая их осыпание на железнодорожные магистрали.

Конструктивно, габион это модуль изготовленный из сетки (стальная проволока двойного кручения) который заполняется щебенкой или природным камнем вручную. С помощью связки таких проволочных модулей и получается конструкция, позволяющая защитить береговую линию от смыва и подтопления.

Для предотвращения подмыва береговых колодцев необходимо укреплять ее откосы габионными конструкциями.

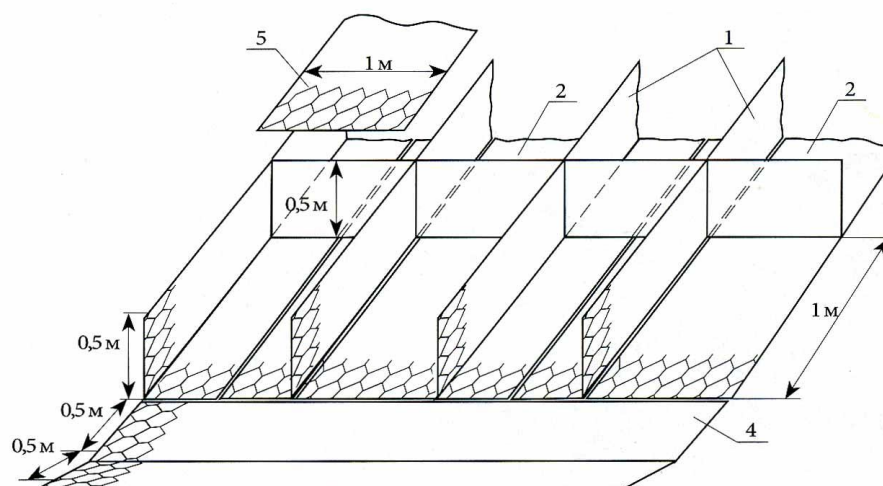
Для габионного укрепления этих откосов рекомендуется использовать схему возможного конструктивного решения (рис. 3.7).



1 – облицовка матрасами; 2 – линия размыва

Рисунок 3.7 – Схема габионных укреплений вдоль береговых сооружений с применением матрасов

Матрацы для укладки в них камня представлены на рис. 3.8.



1 – короб; 2 – сетка шириной 1 м; 3 – мембраны; 4 – сетка шириной 1 м, укрепляемая с торцевой части матрасов; 5 – верхняя сетка, связываемая с коробами и мембранами

Рисунок 3.8 – Матрасы для укладки в них камня

Схема укрепления берега представлена на рис. 3.9.

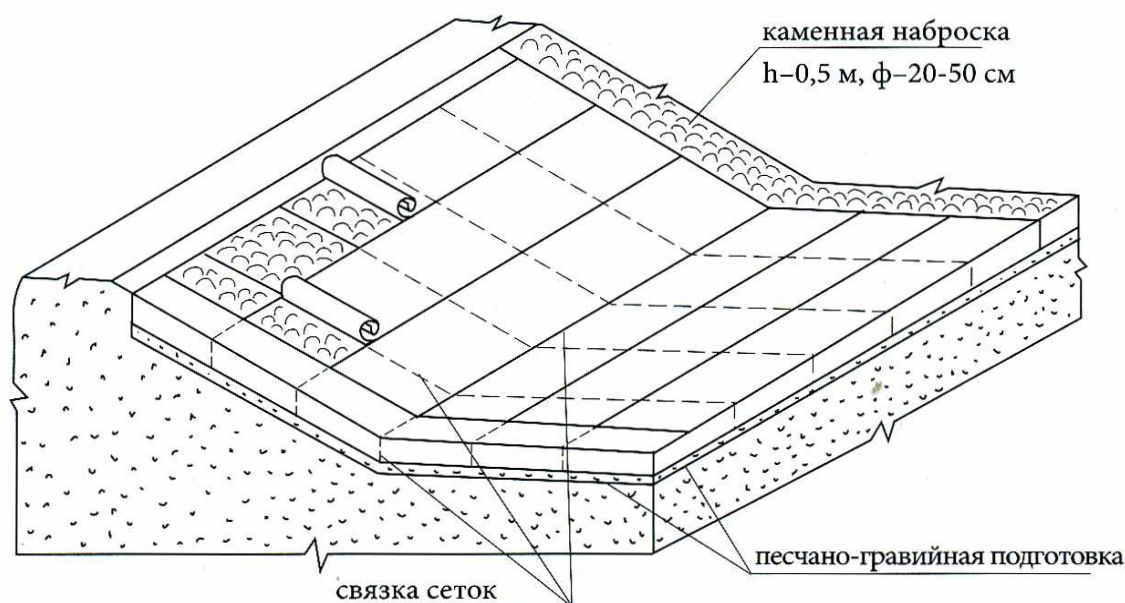


Рисунок 3.9 – Схема раскладки сеток, заполненных камнем

Использование стандартной оцинкованной проволоки здесь не принципиально: иногда можно встретить сетку, покрытую сплавом алюминия и цинка (так называемый гальфан). Прочность сетки, из которой складываются модули, обеспечивается как раз за счет двойного переплетения

проволоки в момент производства. Это обеспечивает равномерность распределения нагрузки, и предотвращает разрывы.

Установка шпунтовых свай наиболее уместна в случае укрепления крутых склонов. Несомненным преимуществом этой конструкции можно считать возможность повторного ее использования (что практически недостижимо в случае с габионами). Грубо говоря, шпунт представляет собой набор свай из полимерного материала, с помощью которых можно в кратчайшее время решить проблему укрепления береговой линии.

В момент установки, сваи размещаются максимально плотно, благодаря чему, получается плотная и очень прочная стена. Надёжность конструкции обеспечивается скреплением элементов, посредством продольного реберного выступа (эдакий паз) который присутствует на каждой свае. За счет этого, конструкция остается довольно пластичной, но при этом не теряет прочности.

Подбор оборудования для размещения модулей из спаренных свай или шпунтов по отдельности подбирается индивидуально — исходя из характеристик грунта и некоторых моментов, определяемых на месте проведения работ специалистом. Погружение элементов осуществляется при помощи специализированного гидравлического аппарата.

К подобному методу прибегают в тех случаях, когда проблема размыва берега не стоит так остро, и нужно позаботиться не только об укреплении, но и о должном эстетическом оформлении полосы, контактирующей с водоёмом. Здесь речь пойдёт, исключительно о природных материалах, с помощью которых получится не только уберечь землю от подтопления и размыва, но и красиво оформить место, непосредственно примыкающее к водоёму. Сделать это можно двумя методами:

- Использование природного камня;
- Использование свай из древесины.

Работы по отсыпке берега камнем эффективны только на пологой местности с большой протяженностью, где угол склона не превышает 20 градусов. Это трудоемкий процесс, и наиболее разумно здесь использовать строительную технику и грузовой транспорт для подвоза материала.

Если место, где будет укрепляться склон, труднодоступно — работы приходится вести преимущественно ручным трудом. Этот способ требует предварительной подготовки площади, в противном случае — материал просто начнет рассеиваться и размываться.

Для этого, на поверхность укладывается геосетка или решетка, а на нее уже укладывается галька и другой материал для отсыпки. В некоторых случаях (например, угроза паводка или подтопления), с помощью крупного камня сооружаются конструкции в виде валов, что называется каменный замок.

Эта методика предусматривает плотную укладку камней. Места посадки валунов и более мелких элементов подбираются вручную. Стоит отметить, что это довольно дорогостоящий и трудоемкий процесс. С другой стороны, возведение каменного замка позволяет значительно преобразить береговой ландшафт и дает простор для фантазии, если это не противоречит поставленным срокам.

Берегоукрепление деревянными сваями требует тщательного отбора материала. Как правило, используется древесина твердых пород: такая, как лиственница или дуб. В ситуации с лиственницей, имеет смысл отдать свое предпочтение восточносибирской разновидности этой древесины — она сохраняет свои свойства и прочность более 50 лет, даже в условиях постоянного нахождения в воде.

Эстетически, берег, очерченный древесными стволами выглядит очень выигрышно и эффектно. Единственным недостатком использования древесных свай можно считать потемнение материала, появляющееся из-за постоянного контакта с водой. Скорость развития этого процесса напрямую

зависит от климатических особенностей местности и микроорганики водоёма.

Использование свай из древесины неэффективно при укреплении рыхлого и подвижного грунта!

Биоинженерное укрепление берега.

Это, пожалуй, самый затратной и трудозатратный способ, по сравнению со всеми, перечисленными выше. Его суть заключается в засеивании берегового откоса различными растениями и деревьями, которые естественным образом поглощают влагу из почвы. В эту же группу можно назвать «одерновку» — когда прибрежная зона водоёма укладывается перенесенным дерном.

Начинаются работы с подбора биоматериалов (на основе кокосовых или льняных волокон) и растений, которые впоследствии будут высаживаться на берегу. Чаще всего, здесь используются кустарники, например, облепиха или аморфа; рогоз, осока, тростник и аир (макрофиты) и любые другие растения, произрастающие непосредственно рядом с водоемами в природные условия.

3.6 Выводы по главе 3

Для совершенствования водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации необходимо:

1. Установить на водоприемные окна фильтрующие водоприемные кассеты из различных фильтрующих материалов (порозласт, керамзит, пористый бетон, щебень и т.п. Это позволит обеспечить устойчивый водоприем, рыбозащиту, защиту от шуги.
2. При открытом водоприеме на раструбных оголовках возможна их замена на фильтрующие водоприемные оголовки.
3. Восстановление проницаемости фильтрующих элементов наиболее эффективно с помощью импульсной промывки.
4. При замене насосного оборудования на насосной станции первого подема наиболее перспективными являются погружные насосы в различном исполнении.
5. Требуется проведение работ по берегоукреплению вдольбереговой линии около водозабора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа литературных источников выявлены основные типы и конструкции водозаборных сооружений, запроектированных и реализованных на различных поверхностных водоисточниках и находящихся в длительной эксплуатации с 50-60-х годов прошлого века. Большинство из которых требуют реконструкции или капитального ремонта.

2. Для эффективной эксплуатации водозаборов необходимо осуществление:

- текущего и капитального ремонта в соответствии с требованиями.
- обследования затопленных водопремников на предмет наличия биообрастания и заиления.
- мероприятий по обеспечению надлежащей рыбозащиты и защиты от щуки.
- Замены устаревшего оборудования водозаборных сооружений.

3. Для совершенствования водозаборных сооружений из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации наиболее целесообразен фильтрующий водоприем вместо традиционных решеток и сеток.

Основные положения диссертации опубликованы в 2 статьях автора:

1. Кирпиченко Н.А. Эксплуатационные проблемы на водозаборах из поверхностных водоисточников // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: сборник статей XX МНПК / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2018.

2. Шевченко Н.А. Технологические решения реконструкции водозаборов // Природопользование и устойчивое развитие регионов России: сборник статей МНПК / МНИЦ ПГАУ. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (с Изменениями N 1, 2, 3).
2. Справочное пособие к СНиП 2.04.02-84. Проектирование сооружений для забора поверхностных вод – М.: Стройиздат, 1990.
3. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Казанский Е.А., Ереснов В.Н. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: Стройиздат, 1976. Режим доступа: <https://miemigration.ru/?singlepage=1#3>.
4. Водные ресурсы России и их использование. С-Пб, Гос. Гидрол.ин-т , 2008. 599 с;
5. Орлов Е.В., Комаров А.С., Мельников Ф.А., Серов А.Е. Строительство водозаборных сооружений из частично пересыхающих водотоков. Вестник МГСУ. 2015. № 2. С. 93-100. Режим доступа: <http://www.vestnikmgsu.ru/index.php/ru/archive/article/download/428>
6. Вдовин Ю.И. Водоснабжение на Севере. - Стройиздат, Ленинградское отделение, 1910114.
7. Вдовин Ю.И. Водозаборные сооружения из р.Лена // Сб. ЦИНИСГосстроя СССР / Серия20. – Проектирование водоснабжения и канализации. – М., 1985. – Вып.7. – С. 4-14.
8. Вдовин Ю.И. Повышение надежности водозаборов из поверхностных источников в зоне мерзлоты // Сб. материалов семинара /МДНТП. – М., 1985.– Повышение эффективности водозаборов из поверхностных и подземных источников. – С. 25-35.
9. Вдовин Ю.И., Серов И.А., Образовский А.С. Фильтрующие оголовки, их классификация и основные схемы // Информ. сб. / ЦИНИС Госстроя СССР. – М.,1970. – Вып.4(65). – Серия IV. – Водоснабжение и канализация. – С. 13-27.

10. Дмитриев В.Д. Методы подготовки воды в условиях Севера. – Л.: Стройиздат.– Л.о.,1981. – 123 с.
11. Гапеев С.И. Использование естественного холода в дорожно-строительных целях. – М.: Изд. ГУшоссдор МВД СССР. – 1951. –118 с.
12. Вдовин Ю.И. Управление руслом северных рек в зимнее время // Сб. тр. /ЯГУ. – Якутск, 1985. –Водопрпускные сооружения в условиях Крайнего Севера. – С. 95-103.
13. Водозаборные сооружения из поверхностных источников: учеб. пособие / Б.М. Гришин [и др.]. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 196 с. Режим доступа: <https://docplayer.ru/60799740-Vodozabornye-sooruzheniya-iz-poverhnostnyh-istochnikov.html>
14. Вдовин Ю.И. Фильтрующие водозаборы // Водоснабжение и санитарная техника. – 1970.– №5. – С. 3-10.
15. Образовский А.С. Гидравлика затопленных водоприемных оголовков. – М.: Стройиздат, 1963. – 104 с.
16. Сурин А.А. Водоснабжение. – Ч.1. Вода и водосборные сооружения. – М.-Л.:ОНТИ, 1932. – 288 с.
17. Вдовин Ю.И. Совершенствование технологий водоприема и водозаборных сооружений для систем водоснабжения на Севере: Дис. д. – ратехн. наук. – М.,1996. Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/sovershenstvovanie-tehnologiy-vodopriema-i-vodozabornyh-sooruzheniy-dlya-sistem-vodosnabzheniya-na-severe#1>
18. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация инфильтрационных водозаборов. – М.: Стройиздат, 1984.
19. Порядин А.Ф. Водозаборы в системах централизованного водоснабжения. – М.: Изд. НУМЦ Госкомэкологии РФ, 1999.
20. Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры. – М.: Стройиздат, 1992.
21. Мезенева Е.А. Совершенствование водозаборно-очистных

- сооружений фильтрующего типа: Автор. дис. канд. техн. наук. – Н.Новгород, 1993.
22. Wegelin M., Boller M. Particle Removal by Horizontal-Flow Roughing Filtration. – Aqua, 1988, N3, p.115-127.
 23. Журба М.Г., Мезенева Е.А., Чудновский С.М. Очистка в водозаборном узле // Метроном, 1996. – №6. – С. 43- 48.
 24. Черепашинский М.А. Водоснабжение. – С.-Пб., 1905.
 25. Вдовин Ю.И. Теория и практика фильтрующего водоприема для систем водоснабжения. – М.: ВИНТИ, 1998.
 26. Лушкин И.А. Исследование фильтрующего водоприема из источников с обильной водной растительностью: диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04. - Пенза, 1999. - 204 с
 27. Анисимов А.В. Совершенствование фильтрующих рыбозащитных устройств промышленных и коммунальных водозаборов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.23.04. - Пенза; Ухта, 2002. - 195 с. Режим доступа: <https://dlib.rsl.ru/01002325369>
 28. Боронина Л.В. Водозаборные сооружения из поверхностных источников. – Астрахань, 2002 – 51 с.. Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5725398/page:11/>
 29. Боронина Л.В. Фильтрирующий водоприем как способ рыбозащиты на водозаборных сооружениях коммунального и промышленного водоснабжения. Автореферат диссертации по строительству, 05.23.04. г. Пенза. 2000г. Режим доступа: <http://tekhnosfera.com/filtriruyuschiy-vodopriem-kak-sposob-rybozaschity-na-vodozabornyh-sooruzheniyah-kommunalnogo-i-promyshlennogo-vodosnabzhe>
 30. Trueb E. Horizontaldurchflossene Kiesfilter zur Vorreinigung von oberflaechen wasser, besonders in Entwicklungslaendern // 3R International. – 1982. – P. 1...2

31. Fruhling A. Wasserversorgung der Städte. – Berlin, 1904.
32. Wegelin M. Particle Removal by Horizontal – How Roughing Filtration. – Aqua. – 1987. – N 2. – P. 80...88.
33. Hall I.I. A ready-made water filter plant. – Amer. City. – 1987. – Vol. 72. – N 8. – P. 115...126.
34. Сайриддинов С.Ш. Технологические особенности эксплуатации водозаборов систем коммунального водоснабжения / Вестник РУДН, серия Инженерные исследования, 2011, №4 Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-osobennosti-ekspluatatsii-vodozaborov-sistem-kommunalnogo-vodosnabzheniya.pdf>
35. http://regionvuz.pguas.ru/Plone/reestr/2015_1_2_3_6.pdf/at_download/file