

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

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

(наименование института полностью)

Центр

**Центр инженерного оборудования**

(наименование)

**08.04.01 Строительство**

(код и наименование направления подготовки)

**Водоснабжение и водоотведение городов и промышленных предприятий**

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему

**Разработка конструкций водоприемных оголовков водозаборно-  
очистных сооружений из поверхностных источников на основе  
спирально-навитых элементов «ТЭКО-СЛОТ»**

Обучающийся

**Л.В. Гошкодера**

(инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

**канд. техн. наук, доцент, И.А. Лушкин**

руководитель

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), инициалы Фамилия)

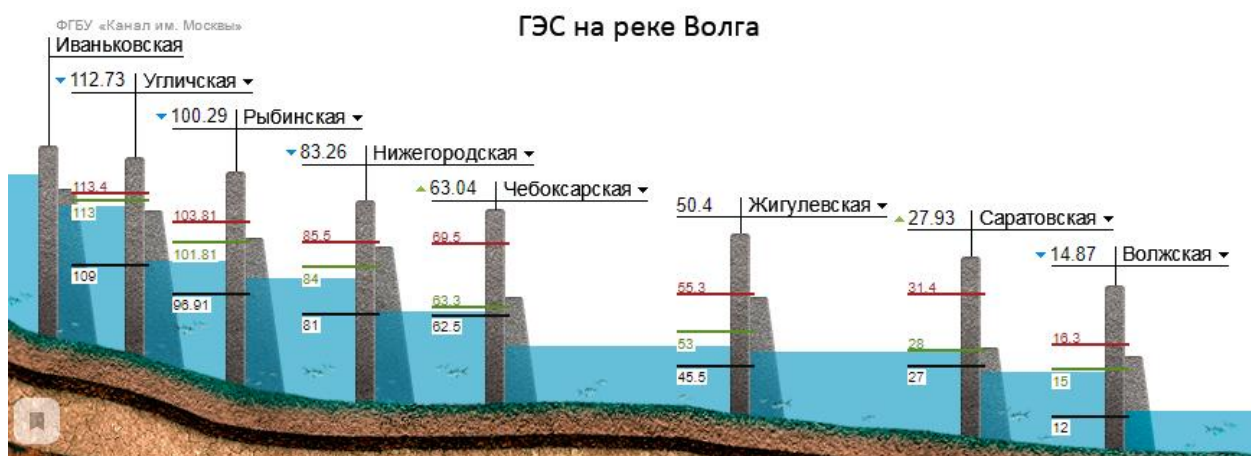
Тольятти 2022

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Анализ типов и конструкций водозаборно-очистных сооружений.....	8
1.1 Классификация водозаборно-очистных сооружений с фильтрующими водоприемными оголовками.....	8
1.2 Основные типы конструкций водоприемной части водозаборно-очистных сооружений из поверхностных источников.....	15
Глава 2 Исследование возможности применения фильтрующих элементов «ТЭКО-СЛОТ» в водосборно-очистных сооружениях.....	30
2.1 Особенности качественных характеристик воды в поверхностных источниках водоснабжения.....	30
2.2 Анализ возможности применения спирально-навитых элементов «ТЭКО-СЛОТ» для водозаборно-очистных сооружений.....	35
2.3 Исследование пропускной способности фильтрующего элемента «ТЭКО-СЛОТ» в условиях открытого водоема.....	41
2.4 Результаты эксперимента и их анализ.....	48
Глава 3 Конструктивные решения водозаборно-очистных сооружений на основе «ТЭКО-СЛОТ».....	51
3.1 Особенности конструирования фильтрующих элементов на основе «ТЭКО-СЛОТ» для водозабора.....	51
3.2 Разработка конструкции фильтрующего элемента открытого типа.....	58
3.3 Разработка конструкции фильтрующего элемента для поверхностного водозабора с использованием фильтрующей загрузки (щебень).....	63
3.4 Разработка конструкции инфильтрационно-фильтрующего элемента для поверхностного водозабора с использованием фильтрующей загрузки (щебень и песок).....	66
3.5 Рекомендации по увеличению срока службы фильтрующих водоприемников на этапе проектирования, производства и эксплуатации.....	70
Заключение.....	74
Список использованных источников.....	75
Приложение А.....	83
Результаты химического анализа воды.....	83

## Введение

**Актуальность работы.** Состояние водоемов, используемых в настоящее время в качестве поверхностных источников питьевого водоснабжения, а также для других различных нужд хозяйственной деятельности человека, с каждым годом ухудшается [15]. Это связано в первую очередь с изменением гидрологического режима водоемов, ухудшением кислородного обмена, увеличением объемов сточных вод, попадающих в водоемы, а также большой концентрацией в них загрязняющих веществ. Большое количество построенных электростанций на реке Волга, а вместе с ними – плотин, фактически разделило реку на отдельные водохранилища, изменив не в лучшую сторону режим водоема, характер течения, сократив видовое разнообразие растительности и ихтиофауны, что привело к заиливанию и оказало в дальнейшем негативное влияние на качество воды [6]. С постройкой водохранилищ почти в 10 раз уменьшился водообмен в бассейне реки Волга [58].



### Условные обозначения

- **ФПУ** – форсированный подпорный уровень, максимальная технически возможная отметка наполнения водохранилища, м
- **НПУ** – нормальный подпорный уровень, отметка полного наполнения водохранилища в обычных условиях, м
- **УМО** – уровень мертвого объема, отметка предельной сработки водохранилища, м

Рисунок 1 – Схема расположения ГЭС на р. Волга [34]

В этих условиях многие города, расположенные в бассейне реки Волга, продолжают снабжаться водой из реки и ее притоков. Проблема качества воды, особенно на начальных этапах ее забора из поверхностного источника для водоснабжения городов, промышленных предприятий, дачных товариществ и т.д., очень актуальна.

Водоприемные части водозаборно-очистных сооружений, построенных в середине-конце XX века, в большинстве случаев не удовлетворяют современным требованиям по качеству подаваемой на дальнейшую обработку воды. Это связано с износом конструкций водоприемной части, а также с изменением параметров движения воды в водоеме. Как правило, после прохождения водоприемной части водоприемника, вода подается на водоочистные сетки, которые имеют тонкость фильтрации от 300 мкм и выше. Таким образом, частицы размером более 300 мкм проходят через водоприемную часть, затем водовод и отсекаются только на этапе прохождения воды через водоочистные сетки. При этом имеется необходимость периодически промывать сетки и удалять загрязнения, что ведет к дополнительным затратам.

Если подъем воды из водоема осуществляется в теплый период года, когда в малоподвижных водоемах может наблюдаться обильное размножение сине-зеленых водорослей, то, как правило, вращающиеся или барабанные сетки не могут их полностью уловить и пропускают далее в систему очистки. В дальнейшем это ведет к выходу из строя насосного оборудования и другим неприятным последствиям [56]. Кроме того, прошедшие по водоводу частицы водорослей, разлагаясь, представляют собой отличные условия для размножения цианобактерий, которые кроме неприятного запаха представляют угрозу для жизни живых организмов, в том числе человека [4].

Механические загрязнения (песок, ил, остатки высшей водной растительности), попадающие через водоприемную часть в водовод, частично уносятся далее в систему очистки, частично накапливаются в нижней части водоприемника и водовода, затрудняя прохождение по ним воды, сужая поперечное сечение и меняя режим прохождения воды через них. Механические

частицы, все-таки прошедшие через водоочистные сетки, особенно негативно воздействуют на насосное оборудование, существенно уменьшая срок его службы и увеличивая расходы эксплуатирующей оборудование организации.

Кроме сине-зеленых водорослей и механических частиц на водоприемные сетки часто попадает большое количество молоди рыб, которые не могут пройти через сетки и погибают. Таким образом в водоеме искусственным путем уменьшается количество молоди и сокращается численность взрослого поголовья рыб, что снова негативно сказывается на состоянии водоема.

Таким образом, качество воды, подаваемой для из поверхностных источников для водоснабжения городов и промышленных предприятий зачастую не удовлетворяет требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Чтобы улучшить качество воды и минимизировать затраты на ее дальнейшую очистку предлагается использовать вместо барабанных сеток фильтрующие элементы на основе спирально-навитых конструкций «ТЭКО-СЛОТ» производства «ТЭКО-ФИЛЬТР», г. Тольятти [56].

**Объект исследования:** водоприемная часть водозаборно-очистных сооружений из поверхностных источников.

**Предмет исследования:** фильтрация воды от механических загрязнений на водозаборно-очистных сооружениях из поверхностных источников.

**Цель работы** – разработать конструкции водоприемной части водозаборно-очистных сооружений из поверхностных источников на основе спирально-навитых элементов «ТЭКО-СЛОТ» и дать рекомендации по их применению.

Для реализации цели поставлены следующие **научно-технические задачи:**

1. Провести анализ существующих типов и конструкций водозаборно-очистных сооружений из поверхностных источников.
2. Провести экспериментальное исследование разработанной конструкции на примере фильтрующего элемента.

3. Разработать конструкции водоприемной части водозаборно-очистных сооружений на основе спирально-навитых элементов «ТЭКО-СЛОТ»;

4. Дать рекомендации по конструированию и производству водоприемных оголовков для продления срока их службы.

**Методологической основой** работы является комплексный подход. Для решения поставленных задач применялись следующие методы:

- теоретические (анализ научно-методической литературы);
- практические методы (наблюдение, измерение, сравнение).

**Научная новизна** заключается в разработке конструкций водоприемной части водозаборно-очистных сооружений с использованием спирально-навитых элементов «ТЭКО-СЛОТ».

**Практическая значимость** работы заключается в разработке таблиц подбора оптимального диаметра фильтрующего элемента в зависимости от производительности; разработке конструкций фильтрующих элементов; даны рекомендации по конструированию и производству водоприемных оголовков для продления срока их службы в различных условиях.

**Апробация работы.** Основные положения опубликованы в четырех работах автора:

1. Гошкодеря Л.В., Лушкин И.А. Перспективы применения спирально-навитых конструкций «ТЭКО-СЛОТ» на водозаборно-очистных сооружениях // Молодежь. Наука. Общество: материалы Всероссийской студенческой научно-практической междисциплинарной конференции. Тольятти. 2020 <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/20735>

2. Гошкодеря Л.В., Лушкин И.А. Рекомендации по уменьшению коррозии оборудования водозаборно-очистных сооружений на этапе проектирования, производства и эксплуатации // Дни науки ТГУ: материалы научно-практической конференции. Тольятти. 2021.

3. Гошкодеря Л.В., Лушкин И.А. Исследование пропускной способности фильтрующих элементов на основе спирально-навитой конструкции «ТЭКО-СЛОТ» для поверхностного водозабора // Молодежь.

Наука. Общество: материалы Всероссийской студенческой научно-практической междисциплинарной конференции. Тольятти. 2021.

4. Гошкодеря Л.В., Лушкин И.А. Особенности конструирования фильтрующих элементов для поверхностного водозабора на основе «ТЭКО-СЛОТ» // Дни науки ТГУ: материалы научно-практической конференции, Тольятти. 2022.

**Личный вклад автора** состоит в обобщении материала о спирально-навитых элементах «ТЭКО-СЛОТ», разработке графиков подбора оптимального диаметра фильтрующих элементов, проведении эксперимента в условиях открытого водоема, разработке конструкций водоприемной части водозаборно-очистных сооружений, разработке практических рекомендаций по увеличению срока службы водоприемных оголовков из поверхностных источников.

#### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация содержит введение, 3 главы, заключение и библиография из 74 наименований. Объем работы включает в себя 81 страниц машинописного текста, а также 55 рисунков и 5 таблиц.

## **Глава 1 Анализ типов и конструкций водозаборно-очистных сооружений**

### **1.1 Классификация водозаборно-очистных сооружений с фильтрующими водоприемными оголовками**

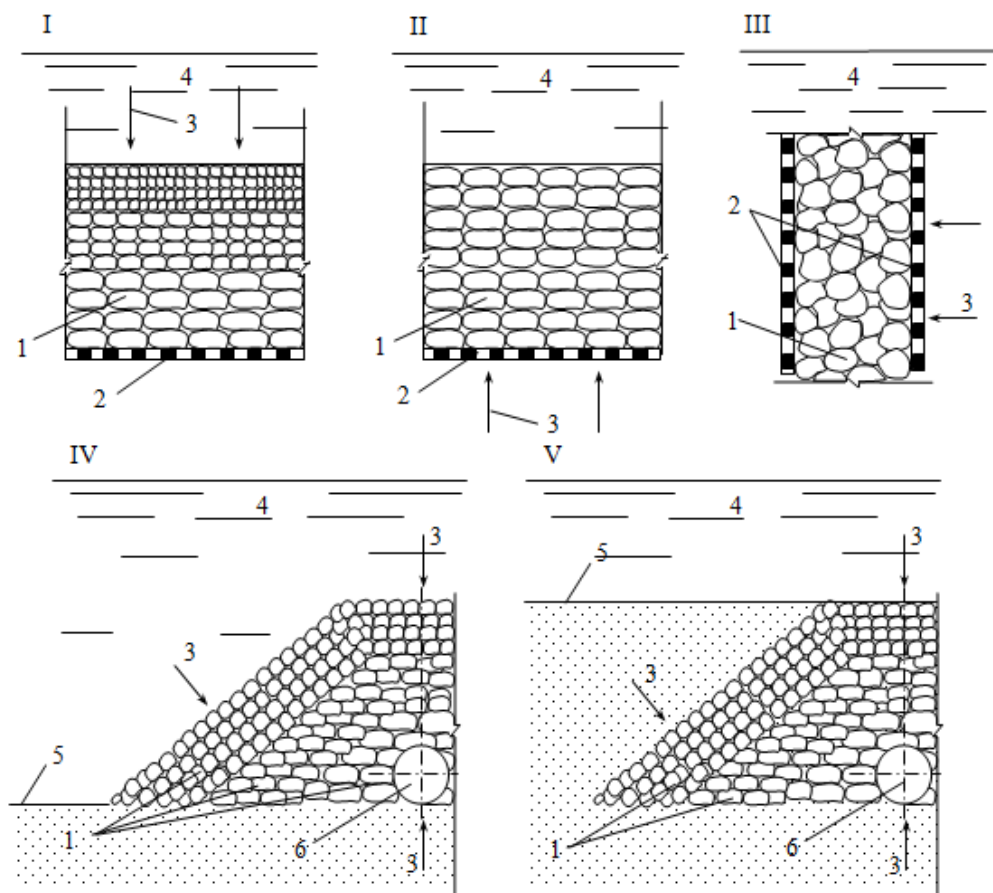
В настоящее время разработаны и успешно эксплуатируются различные типы конструкций водозаборно-очистных сооружений с фильтрующими водоприемниками. Подача воды из водоема может осуществляться фильтрующим, инфильтрационно-фильтрующим или комбинированным способами. По месту расположения водоприемника в водоеме различают поверхностный (плавучий), забирающий из толщи воды, на уровне дна, подрусловый (например, инфильтрационно-фильтрующий), а также различные комбинации забора из поверхностного источника и из-под русла [26].

Водозаборно-очистные сооружения должны быть спроектированы так, чтобы обеспечивать бесперебойную подачу воды надлежащего качества для различных нужд человека. При этом должны быть максимально полно учтены особенности местности, климатических условий и другие локальные факторы, влияющие на качество подачи воды (например, шуга, донный лед и т.д.).

Профессор Ю.И. Вдовин классифицировал водозаборно-очистные сооружения с фильтрующими водоприемниками таким образом (рисунок 2): в зависимости от расположения внешних фильтров относительно горизонтали и направленности забора воды [10]:

- 1) тип I – с подачей воды сверху-вниз;
- 2) тип II – снизу-вверх;
- 3) тип III – с подачей воды сбоку;
- 4) тип IV – водоприемные сооружения с комбинированными многослойными фильтрами, вода подается снизу, сверху и сбоку;
- 5) тип V – смешанные (комбинированные) водоприемные сооружения, вода в которые поступает сверху-вниз, сбоку из реки и снизу из-под русла.





1 – фильтр; 2 – опора (решетка); 3 – направление входа воды; 4 – источник (водоем, река);  
 5 – уровень дна; 6 – водоотвод.

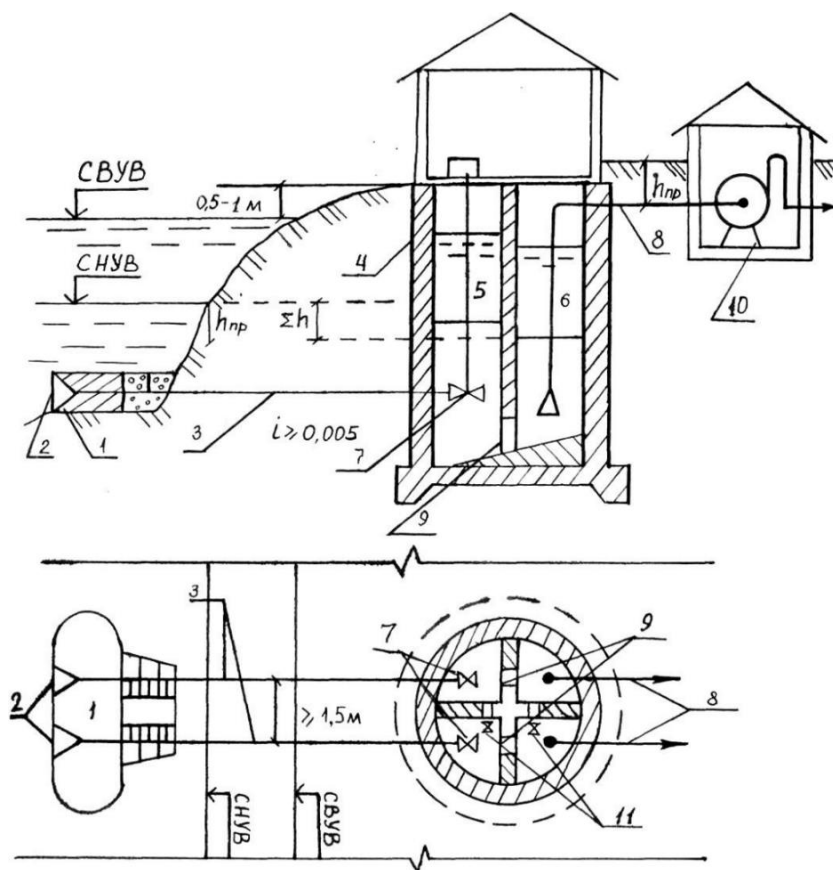
Рисунок 2 – Типы фильтров водоприемников

Основой большинства конструкций *фильтрующих* водоприемников являются фильтрующие элементы. Их функция – первичная очистка воды от мусора, взвеси, других механических примесей непосредственно в месте забора воды. Поэтому фильтрующие водоприемники считают первой ступенью безреагентного осветления воды (на инфильтрационных водозаборах это основной вид очистки). Фильтрующие элементы водоприемников проектируют в один или несколько слоев естественных или искусственных материалов. Это могут быть, например, комбинации нескольких материалов засыпки: керамзит, шарики из пенополистирола, пористые материалы (пористый бетон), щебень, галька различной величины.

Конструкция и схема расположения фильтрующих водоприемников назначается в зависимости от схемы подачи воды на последующую очистку, назначения водозаборно-очистного сооружения, требований к качеству подаваемой воды [26].

Инфильтрационно-фильтрующие водоприемники предназначены для размещения в слое аллювия под руслом реки или в берегах [59]. Здесь аллювий выполняет роль фильтра, под которым укладывается непосредственно водоприемный оголовок, дрена, система промывочных линий. Инфильтрационно-фильтрующие водоприемники предназначены для забора поверхностных и подрусловых вод.

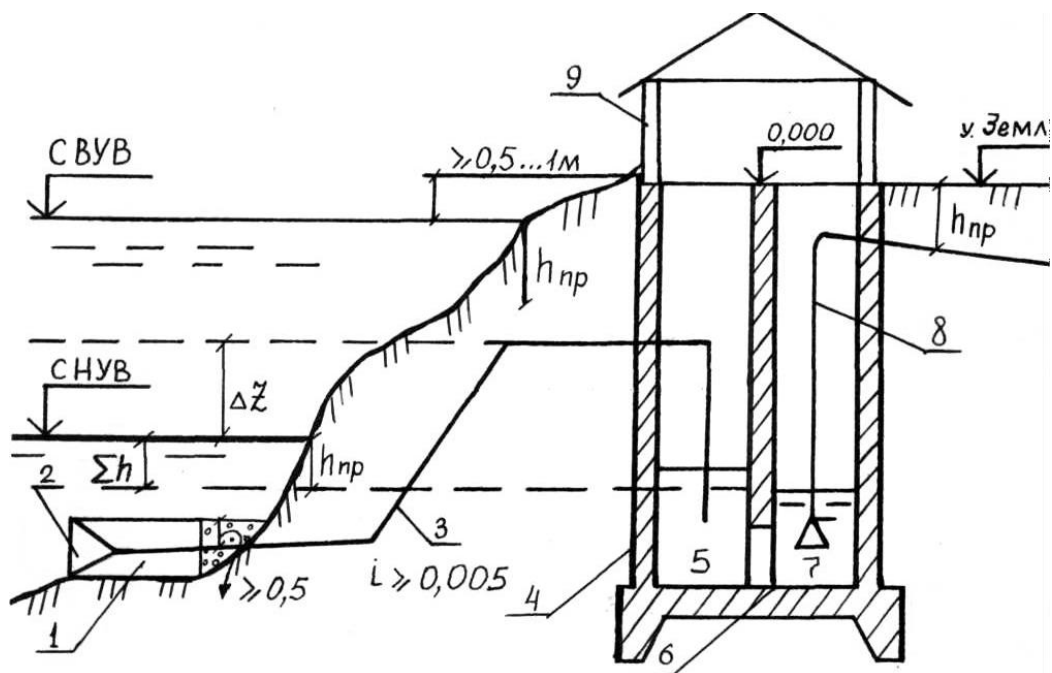
При проектировании руслового (рисунки 3, 4) или берегового (рисунок 5) водозаборно-очистного сооружения с фильтрующим водоприемом необходимо предусмотреть возможность его регенерации при кольматации. Например, проницаемость слоя аллювия восстанавливается с помощью земснарядов, гидравлическим декольматированием, водной промывкой или промывкой водо-воздушной смесью, искусственным увеличением скоростей течения воды или созданием ее завихрений [50].



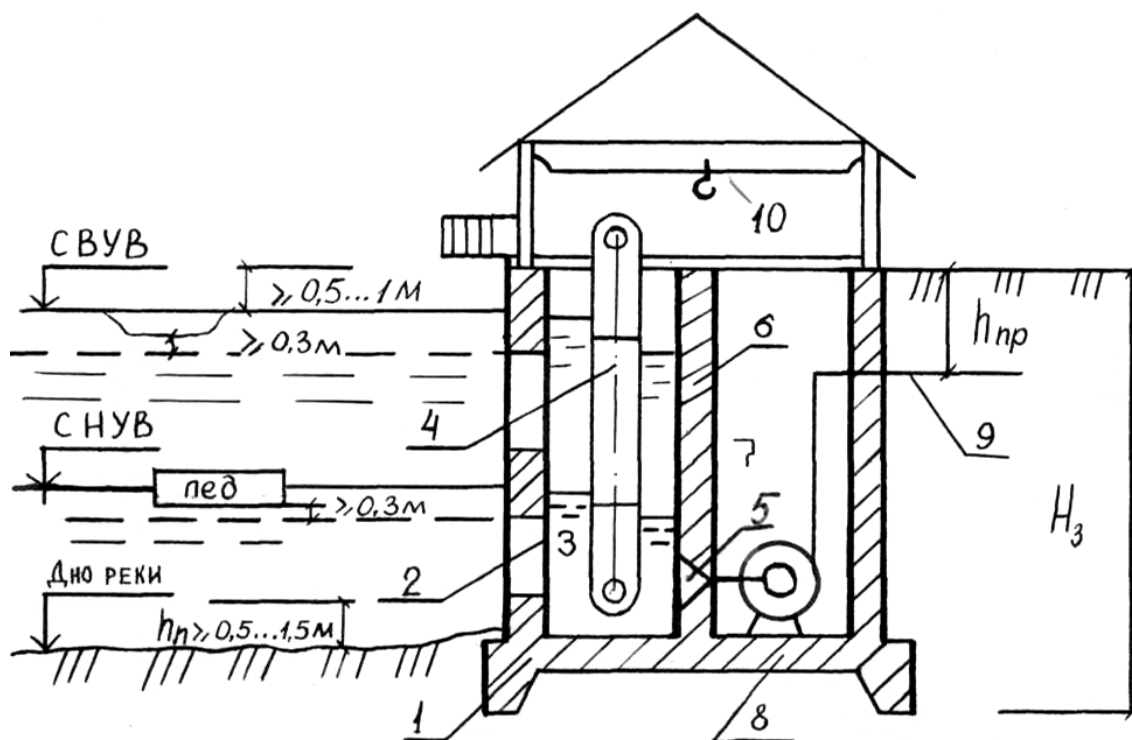
1 – оголовок; 2 – защитные решетки; 3 – самотечные линии; 4 – колодец;  
 5 – водоприемная камера; 6 – всасывающая камера; 7 – затворы; 8 – всасывающие линии;  
 9 – сетки (плоские); 10 – НС-1; 11 – перепускные затворы;  $i$  – уклон трубопровода;

$\Sigma h$  – сумма потерь напора;  $h_{np}$  – глубина промерзания грунта

Рисунок 3 – Подрусловый водозабор с самотечными линиями



1 – водоприемный оголовок; 2 – сороудерживающие решетки; 3 – сифонные линии; 4 – береговой колодец; 5 – камера водоприема; 6 – сетки (плоские); 7 – всасывающая камера; 8 – всасывающие линии; 9 – техническое помещение  
 Рисунок 4 – Подрусловой водозабор сифонного типа



1 – каркас строения водозабора; 2 – защитные решетки; 3 – водоприемная камера; 4 – вращающаяся сетка; 5 – всасывающая камера; 6 – перегородка; 7 – машинный зал; 8 – насосное оборудование; 9 – напорные трубопроводы; 10 – подъемный механизм  
 Рисунок 5 – Водозабор берегового типа совмещенного типа

Комбинированные и инфильтрационно-фильтрующие водоприемные оголовки хорошо работают в нижних бьефах гидроузлов, там, где водоросли распределены по всей толще воды [26].

Выбор того или иного типа водозаборно-очистных сооружений зависит также от мощности поверхностного источника и степени его удаленности до потребителя.

Береговые водозаборно-очистные сооружения, работающие в средних природных условиях, относят к 1 категории надежности. Для облегчения ремонта технологического оборудования колодец для приема воды разделяют посекционно.

Окна для приема воды проектируют в передней стене колодца, часто в несколько ярусов для обеспечения забора воды наивысшего качества.

Проектирование окон водоприема в один ряд оправдано лишь при заборе воды из источника с минимальными загрязнениями по взвешенным веществам.

Береговой колодец состоит из двух отделов: для приема воды и для подачи ее с помощью насосов на дальнейшую очистку. Каждый из них разделен на секции с помощью перегородок (по числу линий всаса) для организации периодического обслуживания и ремонта без прекращения подачи воды по другому трубопроводу.

Вода попадает в колодец через водоприемные окна, которые располагают в передней стенке, находящиеся в русле реки.

Каждое окно обеспечивается защитной решеткой для удержания мусора, опавших листьев и т.д. Для выключения из работы одной из всасывающих линий устанавливают затворы, которые устанавливают в специально предназначенные для этого пазы или в пазы на решетке.

В перегородке между отделениями устанавливаются плоские или вращающиеся сетки. Вращающиеся сетки рекомендуется устанавливать на водозаборах при сильном или очень сильном загрязнении водоисточника [56].

Вода забирается из реки, проходя через защитные решетки водоприемных окон в приемное отделение и через дополнительные сетки поступает во всасывающее отделение, где размещены линии всаса насосов станции НС-1.

Водозаборные сооружения совмещенного типа занимают меньше площади, их строительство обходится дешевле, чем станций раздельного типа, они относительно легки в эксплуатации и считаются более надежными. При наличии прочного основания, например, скального грунта, когда отсутствует проседание водоприемной линии и самой НС-1, береговой водозабор возможно запроектировать совместно с насосной станцией.

При использовании вертикальных насосов или насосов глубинных погружных площадь, занимаемый объем и себестоимость возведения здания станции значительно меньше, чем при использовании горизонтальных насосов.

Подобные береговые водозаборные сооружения проектируют при резком перепаде высот местности и при условии обеспечения необходимой глубины вблизи берега, а также широких амплитуд колебаний уровней воды в реке, постоянном русле и большой требуемой производительности водозаборного сооружения. Водоприемные ковши применяют при большой производительности  $6\text{ м}^3/\text{с}$ , сложных условиях подъема воды (например, недостаточная глубина русла в месте забора воды, большое содержание взвеси и т.д.).

Водозаборные сооружения подруслового типа с самотечными линиями могут применяться при объеме потребления воды около  $1\text{ м}^3/\text{с}$  при небольшом перепаде высот у берега и амплитуде колебаний уровня воды в водоеме до 6 м. Часто при проектировании выбирают проект сооружения раздельного типа, при этом расстояние от берегового колодца до насосной станции I подъема должно составлять не более 40 м, чтобы уменьшить потери напора на водоводе [25]. При объеме потребления свыше  $1\text{ м}^3/\text{с}$  и до  $3\text{ м}^3/\text{с}$ , скалистых берегах и колебаниях уровня воды в реке больше 6 м, устраивают совмещенный подрусловый водозабор. Основная схема

подруслового водозабора: оголовков, несколько самотечных линий, береговой колодца, несколько линий всаса, насосная станция НС-1.

При значительной амплитуде колебаний уровня воды в водоеме, слабых берегах, грунтах скального типа 4 и 6 категорий, широко затопливаемой пойме, при объеме потребления около 1 м<sup>3</sup>/с для водозаборов второй категории надежности и ниже можно использовать сифонные линии, чтобы сократить капитальные затраты на строительство.

Основой большинства конструкций водоприемников служат фильтрующие элементы. Их функцией является первичная очистка (осветление) воды. Для инфильтрационных водозаборно-очистных сооружений это основной этап безреагентной очистки воды.

Таким образом можно определить основные функции фильтрующих водоприемников [56]:

- защита оголовка от шуги и льда;
- защита молоди рыб от попадания в технологическую линию водозаборно-очистного сооружения;
- защита оборудования, в том числе насосного, от зоо- и фитопланктона, механических примесей;
- предварительная очистка принимаемой на водозаборно-очистное сооружение воды;
- уменьшение стоимости эксплуатации водозаборно-очистного сооружения за счет уменьшения расходов на вывоз осадка;
- повышение качества воды, подаваемой на последующую очистку;
- возможность уменьшения влияния на источник воды за счет максимального приспособления конструкции фильтрующего водоприема к местным условиям;
- экологичность системы очистки.

Мало изучены вопросы фильтрующего водоприема при наличии в воде фитопланктона (водорослей). Нет четких критериев оценки свойств исходной

воды, включающей в себя водоросли и взвешенные вещества. Тема представляется интересной и достаточно обширной.

## **1.2 Основные типы конструкций водоприемной части водозаборно-очистных сооружений из поверхностных источников**

Выбор того или иного типа оголовка устанавливается в зависимости от условий забора воды из водоема категории надежности водозаборно-очистного сооружения.

Водоприемник обеспечивает прием воды из источника, а также необходим для защиты оконечностей самотечных, сифонных трубопроводов от различных повреждений. Можно выделить три основные группы: затопленные, затопляемые высокими водами (например, в весеннее половодье) и незатопляемые водоприемники [10, 26].

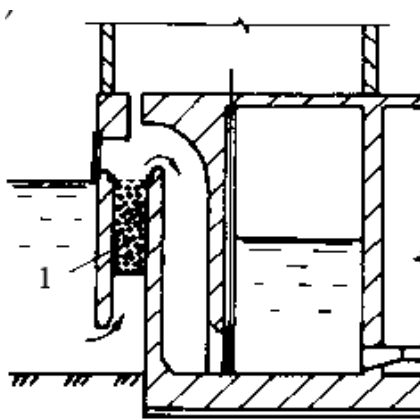
Самыми распространенными конструкциями являются постоянно затопленные водоприемные оголовки, т.к. имеют сравнительно небольшие затраты при монтаже. Минусом оголовков данного типа является отсутствие возможности его периодического осмотра при высокой воде в реке, движении шуги и во время ледохода. Оголовки не должны забиваться наносами, шугой, различным сором. Кроме этого, в них не должна попадать рыба и ее мальки, то есть необходимо заранее позаботиться о рыбозащитной функции водоприемника [56]. При средней производительности станции (до 1...3 м<sup>3</sup>/с) часто проектируют постоянно затопленные водоприемные оголовки [26].

У водоприемных оголовков есть существенное преимущество – возможность проведения обслуживания и ремонта при минимальном уровне воды. Недостатком подобных конструкций становится то, что их использование влечет к некоторому изменению режима реки, подобные оголовки мешают лесосплаву и свободному проходу судов, из-за чего они редко используются.

При больших объемах подаваемой воды и высоких требованиях надежности используются незатопляемые оголовки, которые требуют

более существенных затрат на их устройство. Одним из их преимуществ является то, что вода забирается через водоприемные окна, расположенные в несколько ярусов, что особенно актуально при «цветении» воды в водоеме.

Сифонно-фильтрующий водоприемник (Рисунок 6) – конструкция относится к фильтрам II типа (снизу-вверх) и является довольно надежной, которая хорошо себя зарекомендовала в крупных водоемах [9]. Заполняется щебнем или галькой. Обеспечивает комплексную защиту оборудования водозаборно-очистного сооружения от плавающего мусора, взвесей, водорослей, мальков рыб.

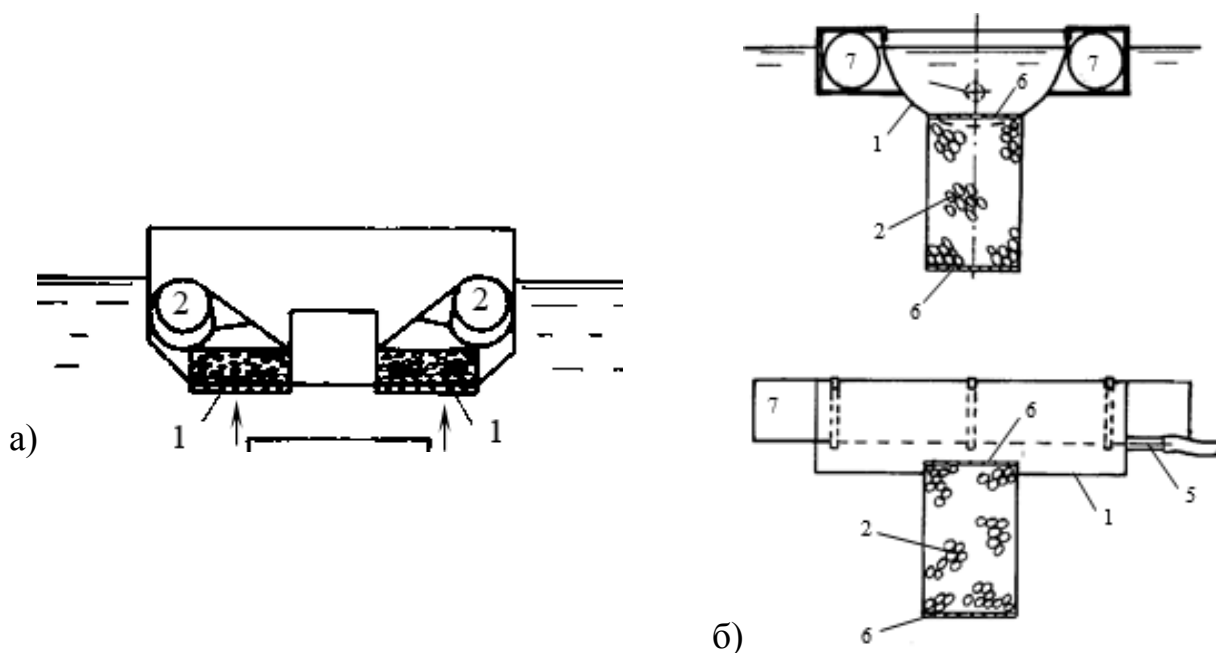


1 – фильтр

Рисунок 6 – Сифонно-фильтрующий водоприемник

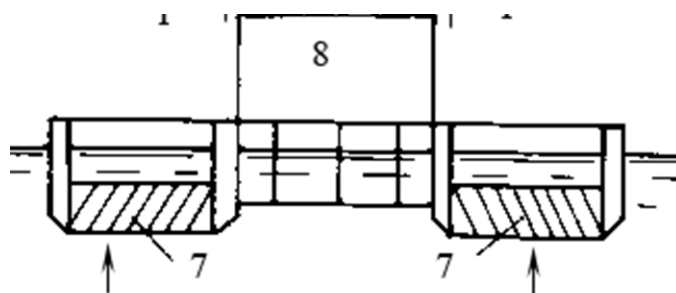
Вариантом подобного водоприемника может являться плавучий фильтрующий водоприемник (Рисунок 7, а, б) с плавающей загрузкой.





а) 1 – фильтр; 2 – вихревые камеры; б) 1 – лоток; 2 – фильтр; 3 – дрена; 4 – промывной трубопровод; 5 – отвод воды; 6 – решетка; 7 – понтоны

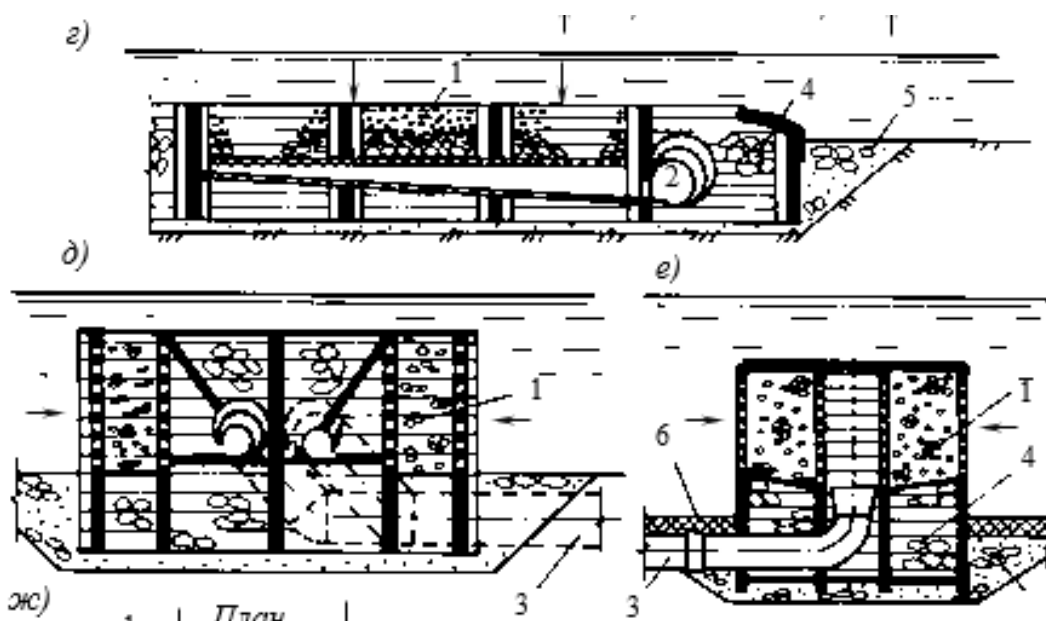
Рисунок 7 – Плавающий фильтрующий водоприемник



7 – тонкослойные модули; 8 – насосная станция

Рисунок 8 – Плавающий водозабор-осветлитель с тонкослойными модулями

Успешно апробированы в различных регионах России водоприемники А.С. Образовского (Рисунок 9) с фильтрами I и III, в том числе в тяжелых природных условиях с большим количеством шуги и фитопланктона (25...100 тыс. кл/мл) [12, 43]. Крупность засыпки составляет до 7...10 см, предусматривается обратная промывка предусматривают обратную промывку и импульсная регенерация фильтров.

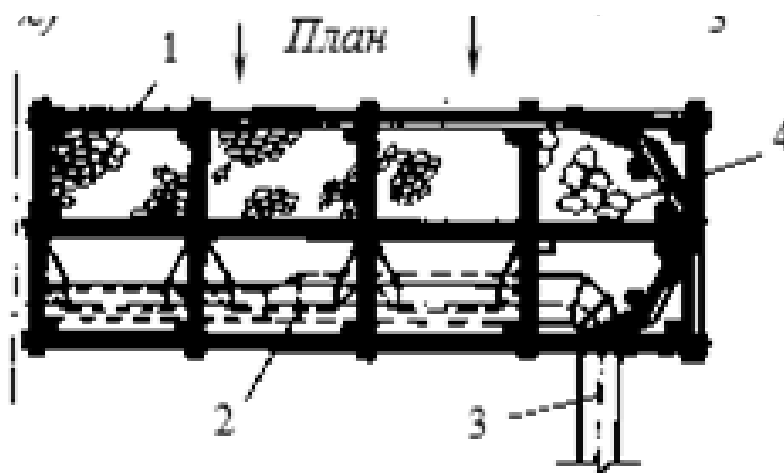


1 – фильтр; 2 – вихревые камеры; 3 – самотечные линии; 4 – ряжевая загрузка; 5 – наброска из камня; 6 – фашинный тюфяк; 7 – тонкослойные модули; 8 – НС-1

Рисунок 9 – Водоприемники А.С. Образовского I и III типа

Подобные водоприемники эффективно защищают водозаборно-очистные сооружения от водорослей, т. к. располагаются ниже 3...4 метров глубины, где концентрация водорослей и планктона значительно меньше, чем у поверхности [7].

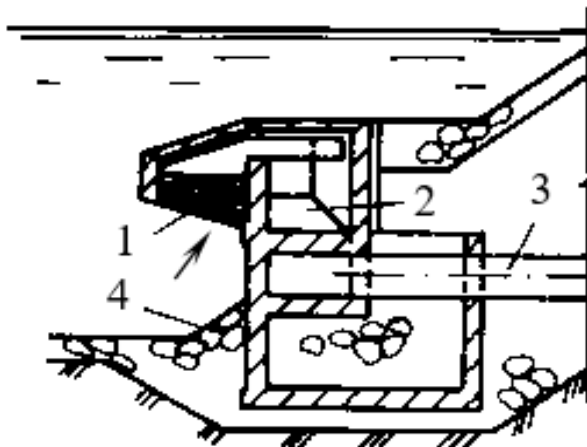
Широко применяется ряжевый фильтрующий водоприемник (Рисунок 10) при производительности не более  $1,5 \text{ м}^3/\text{с}$  и скорости входа в оголовок не более  $0,1 \text{ м/с}$ , который заполняется щебнем размером 15...150 мм.



1 – фильтр; 2 – вихревые камеры; 3 – самотечные водоводы; 4 – загрузка ряжа

Рисунок 10 – Ряжевый водоприемник

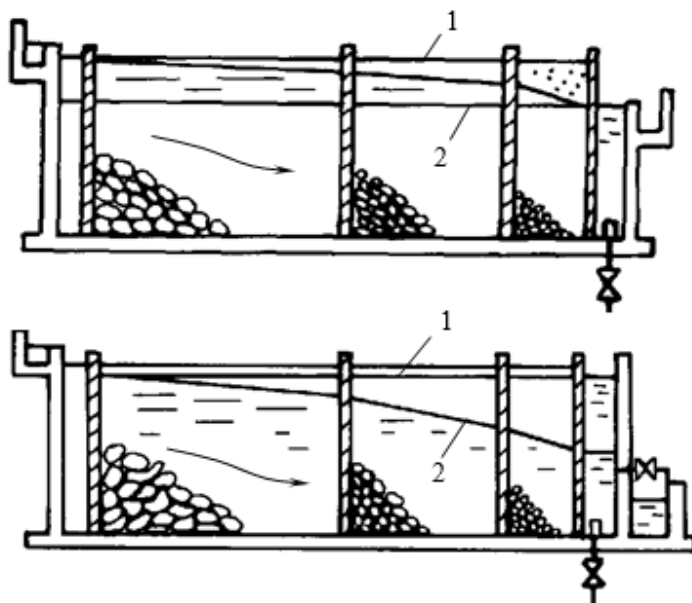
Водоприемники с фильтрами II типа с отбором воды снизу-вверх (Рисунок 11) применяются в том числе и на крупных водоемах, водохранилищах, где в воде наблюдается большое количество взвесей и планктона, водорослей [10].



1 – фильтр; 2 – вихревые камеры; 3 – самотечные водоводы; 4 – загрузка рья

Рисунок 11 – Консольный водоприемник с фильтром II типа

Для водоемов также эффективны в использовании водоприемники типа «фильтрующий откос» с большой поверхностью фильтрования, работающие в качестве горизонтальных префильтров (Рисунок 12).

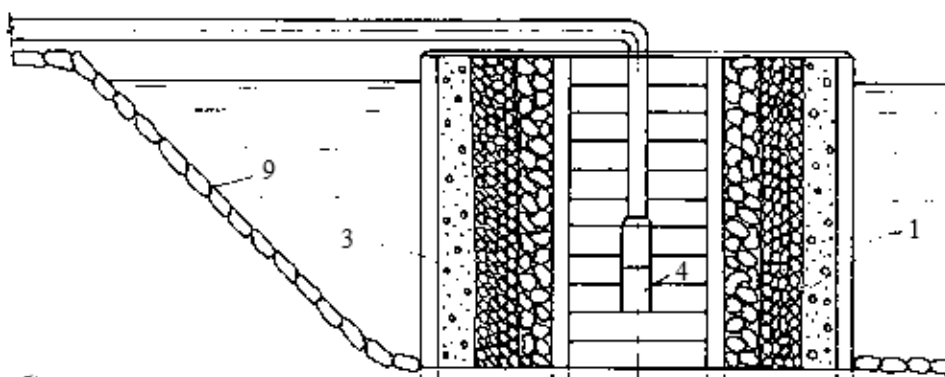


1 – уровень воды в чистом фильтре; 2 – уровень воды в заиленном фильтре

Рисунок 12 – Префильтры с постоянным и переменным уровнем воды на выходе

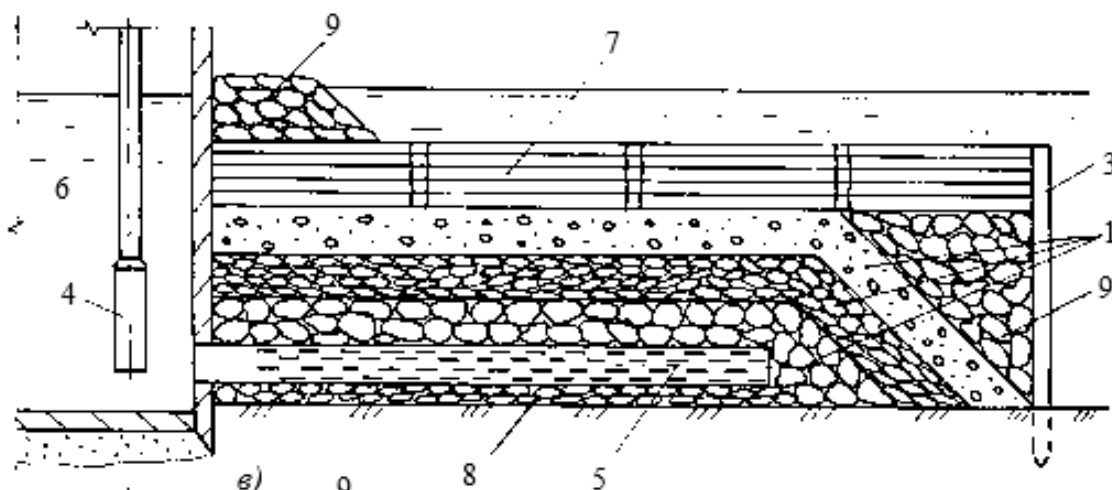
Размер щебня этих фильтров составляет 4-25 мм. На поверхности таких фильтров образуется пленка осадка, где происходит окисление органических веществ и таким образом производится очистка воды, не требующая дополнительных затрат на различные реагенты. Эффективность данных фильтров достигается за счет равномерной скорости фильтрования на всем пути следования воды через фильтр [25].

Для забора воды со скоростью входа менее 0,1 м/с из небольших водоемов, прудов, можно применять конструкции водоприемных оголовков, разработанные СибНИИГиМ, например, фильтрующие колодцы (Рисунок 13), ряжевые стенки (Рисунок 14), фильтрующий откос (Рисунок 15).



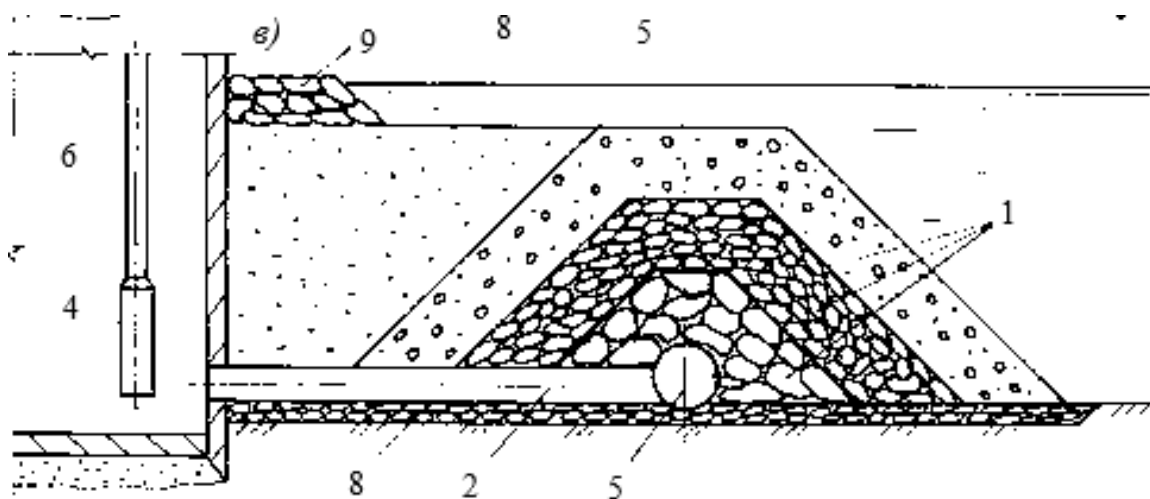
1 – фильтр; 3 – ряж; 4 – насос; 9 – каменная наброска

Рисунок 13 – Фильтрующий колодец



1 – фильтр; 2 – самотечная линия; 3 – ряж; 4 – насос; 5 – дрена; 6 – береговой колодец; 7 – фашины; 8 – подготовка; 9 – наброска из камня

Рисунок 14 – Ряжевые стенки и фильтрующая дрена

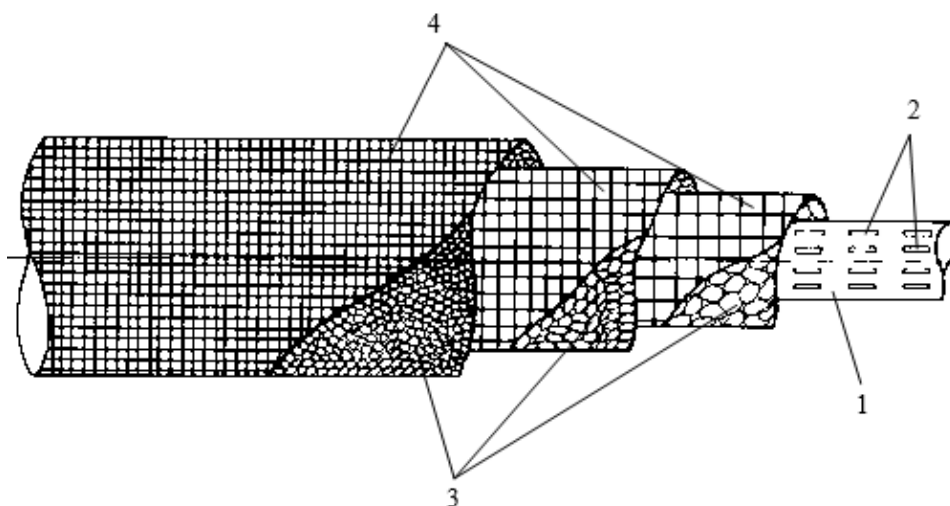


1 – фильтр; 2 – самотечная линия; 3 – ряж; 4 – насос; 5 – дрена; 6 – береговой колодец;  
7 – фашины; 8 – подготовка; 9 – наброска из камня

Рисунок 15 – Фильтрующая призма (фильтрующий откос)

Подобные фильтры просты в монтаже и эксплуатации, хорошо зарекомендовали себя на практике. При толщине фильтрующей загрузки 2-2,5 м (щебень различной фракции) и скорости входа 0,02...0,005 м/с обеспечивается фильтрация до 95-97% взвешенных частиц, в том числе водорослей (против их количества 5...12 тыс. кл/мг в исходной среде) [55]. После забора воды данным типом водоприемника во многих случаях требуется лишь обеззараживание ультрафиолетом. При этом на таких скоростях фильтрации практически полностью исключается кольматация водоприемника [59]. В случае превышения указанных скоростей фильтрации периодически требуется обратная промывка фильтрующего водоприемника.

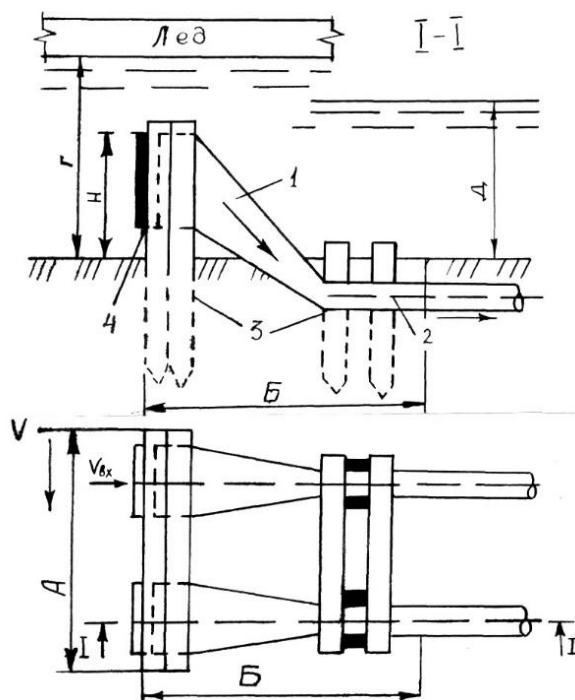
Еще один вид фильтрующих водоприемников, используемый на небольших реках без организации плотин – в виде фильтрующих гравийно-трубчатых галерей – был внедрен А.А.Суриным и его последователями (Рисунок 16).



1 — труба; 2 — перфорация; 3 — фильтр; 4 — поддерживающие сетки  
Рисунок 16 – Трехслойная фильтрующая дрена

В основании такого фильтра располагается стальная труба с круглыми или овальными отверстиями. Далее при вертикальном положении трубы засыпается и утрамбовывается каждый слой засыпки щебнем различного гранулометрического состава [10].

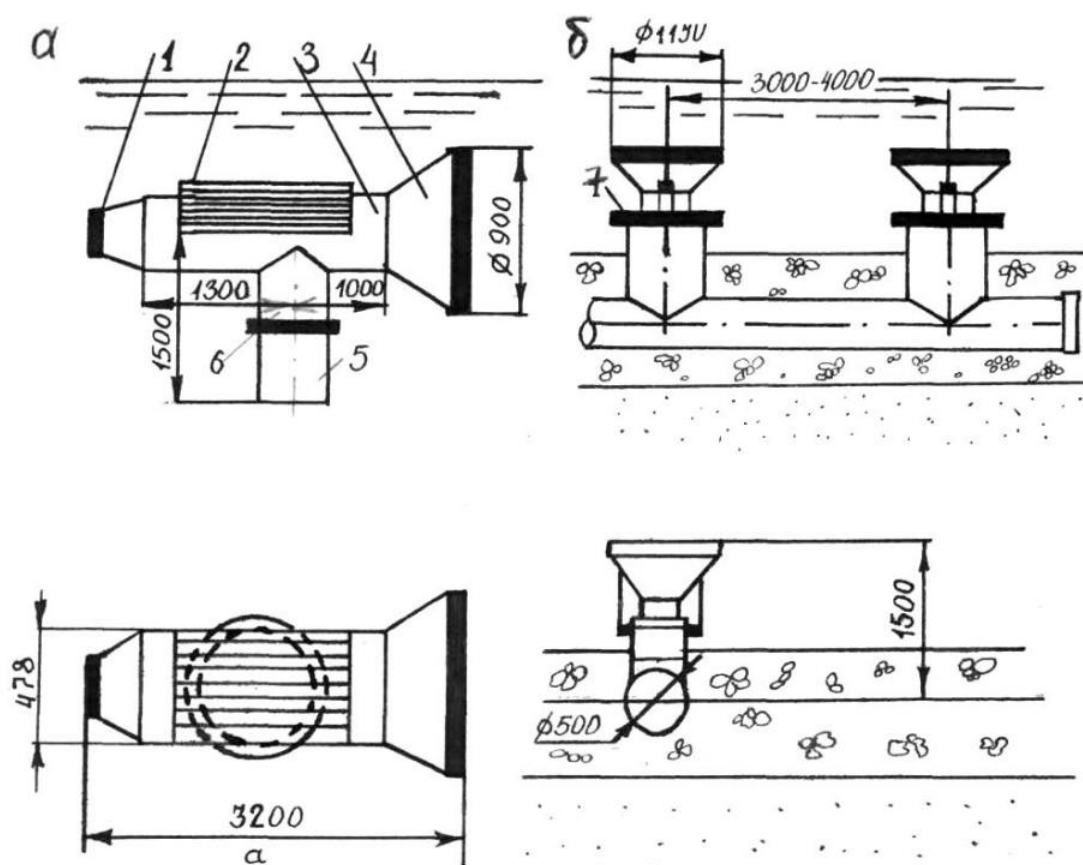
Другие конструкции водоприемников приведены на Рисунках 17...26.



1 – раструб; 2 – трубопровод; 3 – фундамент из свай; 4 – защитная решетка

Рисунок 17 – Раструбный свайный незащищенный водоприемник

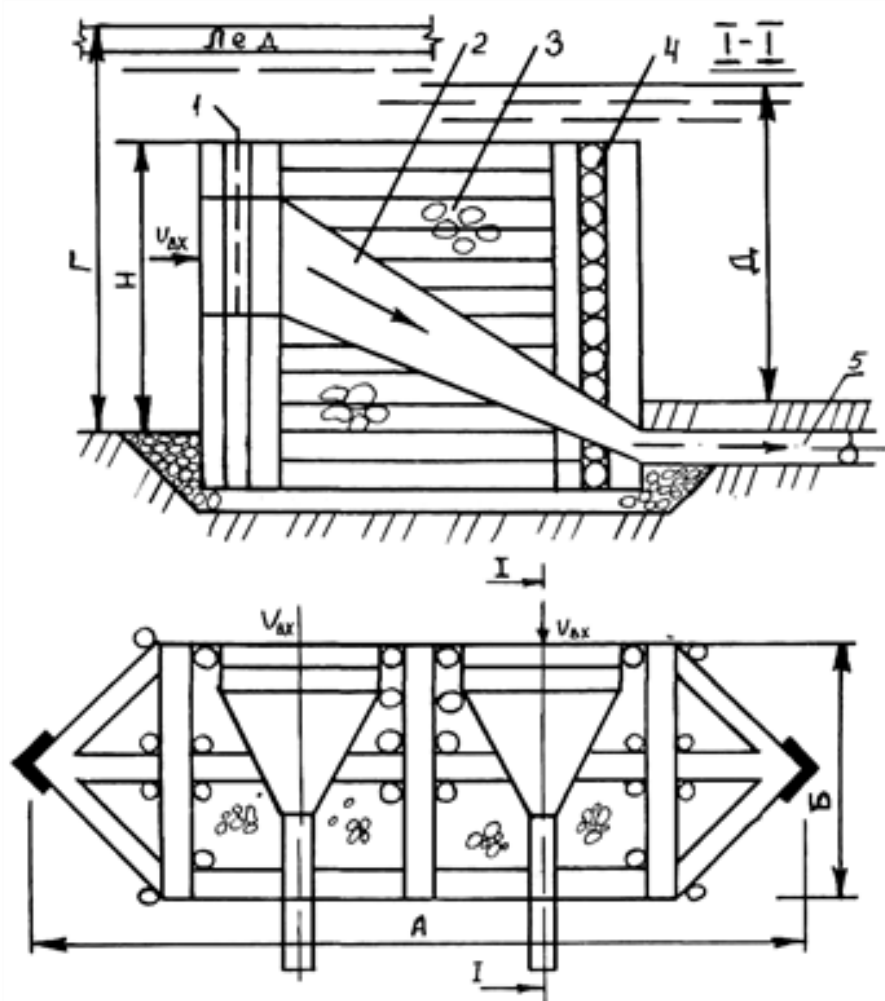
Применяется на малых реках при малой производительности (от 0,02 до 0,2 м<sup>3</sup>/с) водозабора. Компактен, экономичен, прост в монтаже. Существенно влияет на гидравлику потока, неустойчивый к механическим воздействиям (например, к удару топляком). Требуется дополнительно монтировать рыбозащитное устройство.



а – трубчатый; б – тарельчатый: 1 – заглушка; 2 – защитная решетка; 3 – труба; 4 – раструб; 5 – патрубок; 6 – врезной патрубок; 7 – фланец

Рисунок 18 – Стальной незащищенный водоприемник

Используется при невысокой производительности (до 0,5 м<sup>3</sup>/с) водозаборного сооружения, а также в случаях отсутствия на реке лесосплава, вдали от судоходного канала. Для таких конструкций требуется дополнительно обустраивать рыбозащитное устройство. Из минусов: оказывают влияние на речной поток [25].



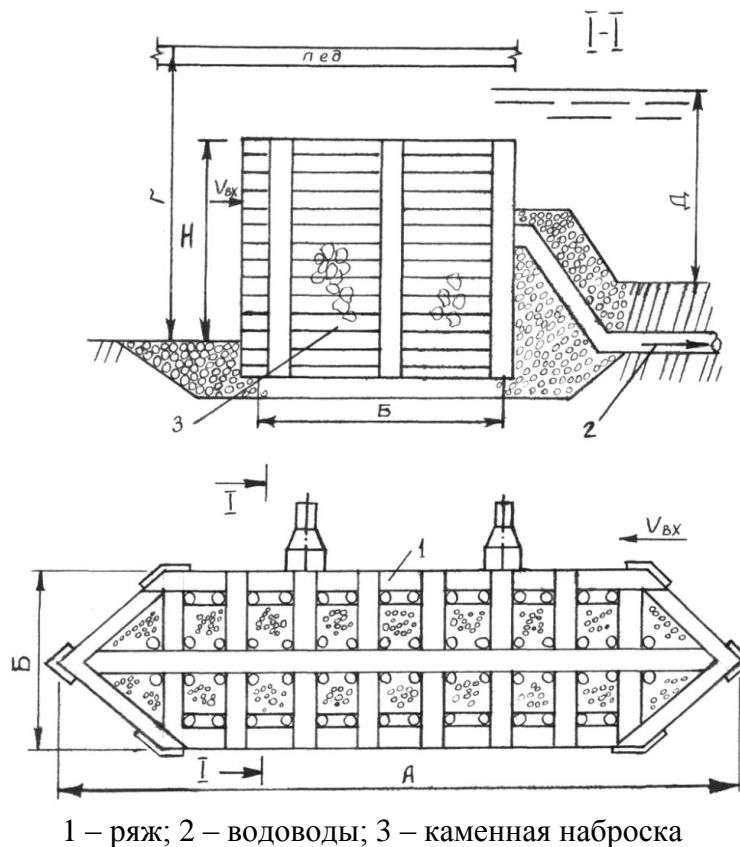
1 – сорудерживающие решетки; 2 – водоприемный раструб; 3 – каменная наброска; 4 – ряж; 5 – водоводы

Рисунок 19 – Деревянный ряжевый оголовок с приемом воды сбоку

Используется на реках с небольшой глубиной, средними природными факторами и при невысокой производительности сооружения (до  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ).

Фильтрующий оголовок с деревянным ряжем (Рисунок 20) устанавливается на реках с тяжелыми природными условиями по шуге и при невысокой производительности станции (до  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ) [8].

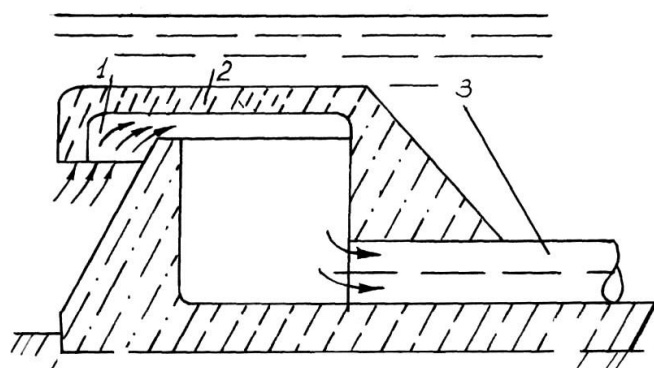




1 – ряж; 2 – водоводы; 3 – каменная наброска

Рисунок 20 – Деревянный ряжевый фильтрующий оголовок

Сифонный оголовок из железобетона (Рисунок 21) применяется на реках с легкими или средними природными условиями на станциях с производительностью средней и выше.

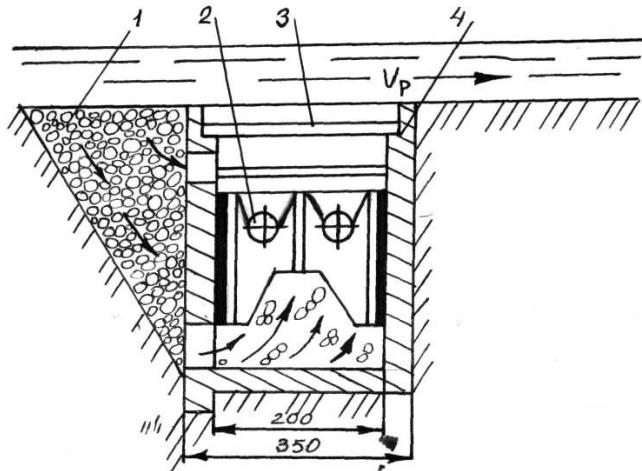


1 – сороудерживающая решетка; 2 – защитный козырек; 3 – водоводы

Рисунок 21 – Сифонный оголовок из железобетона

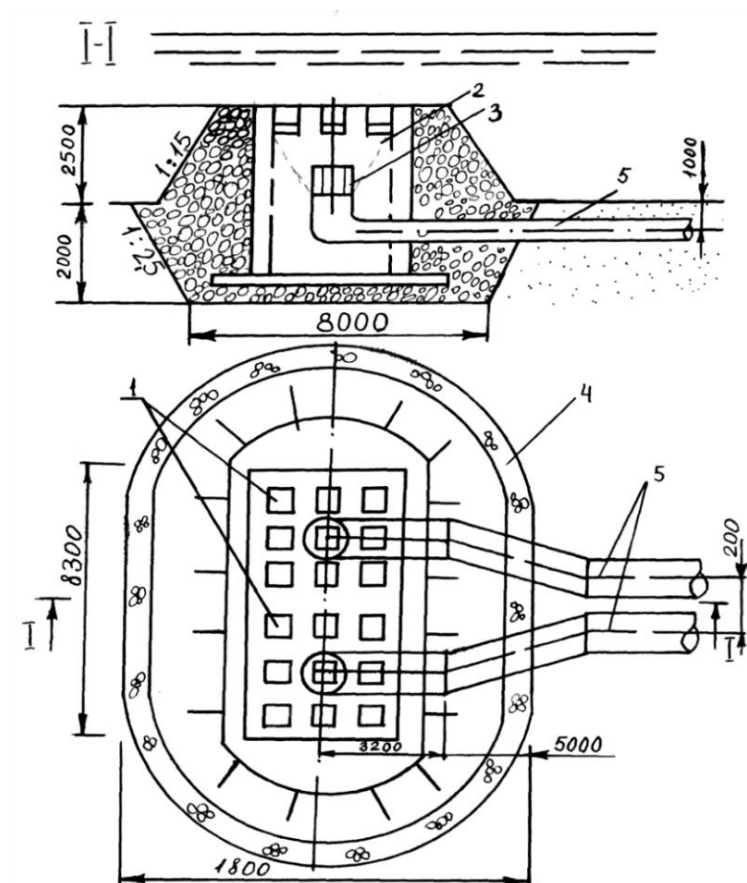
Сборные фильтрующие водоприемники (Рисунок 22, 23) применяется на реках с небольшой глубиной и средними и тяжелыми природными условиями, при большом количестве содержания взвешенных веществ в

воде, донных наносов. Надежен в работе, но сложен при монтаже и эксплуатации. Применяется на водозаборах средней и высокой производительности.



1 – обратный фильтр из щебня; 2 – водоводы; 3 – двухступенчатая защитная решетка; 4 – галерея для отвода воды на дальнейшую обработку

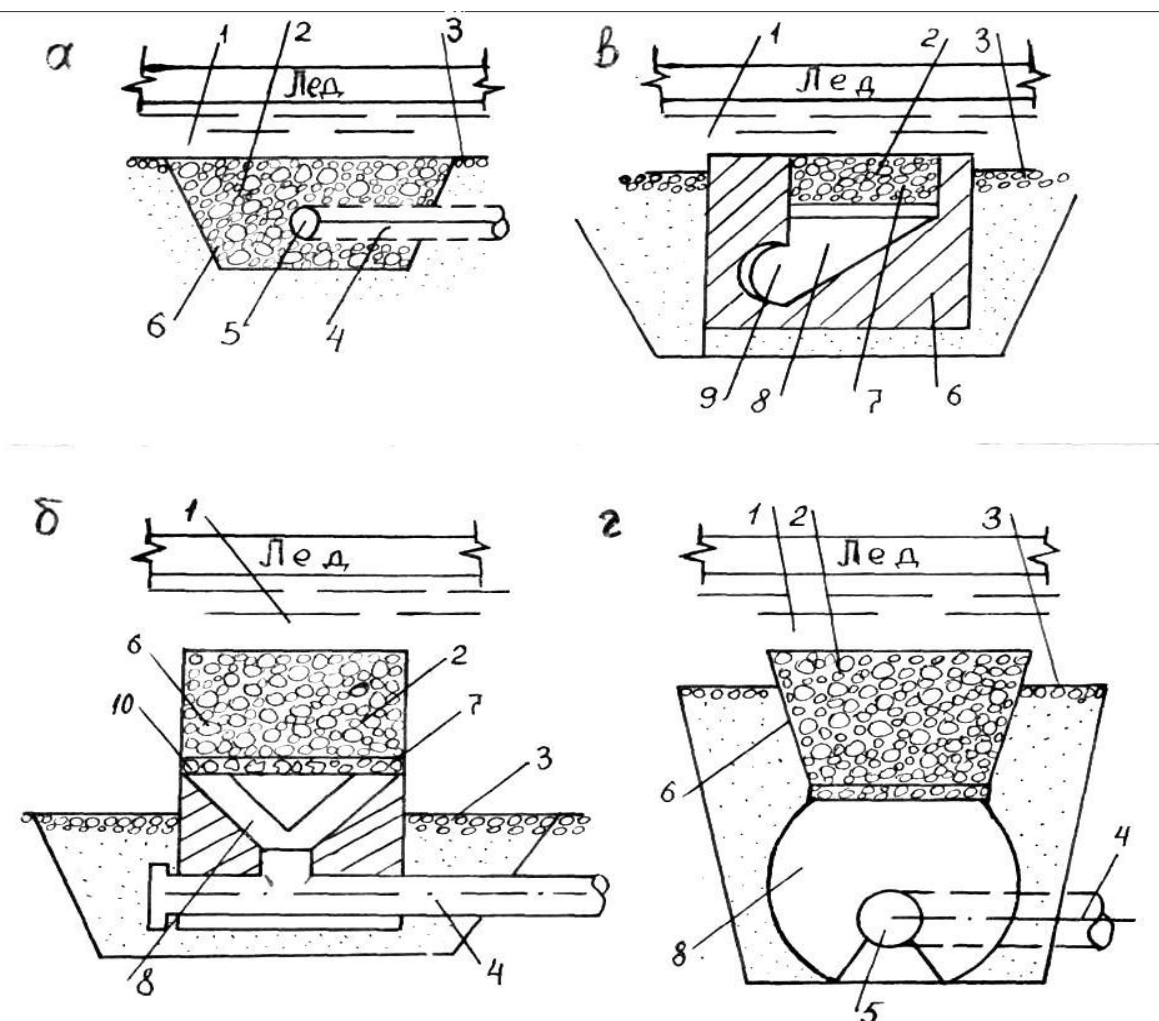
Рисунок 22 – Донный комбинированный водоприемник



1 – фильтрующие кассеты на водоприемном отверстии; 2 – водоприемный раструб; 3 – направляющие на входе в водовод; 4 – обсыпка щебнем или камнем; 5 – водоводы

Рисунок 23 – Сборный фильтрующий водоприемник  
Спроектированные ВНИИ ВОДГЕО фильтрующие водоприемники

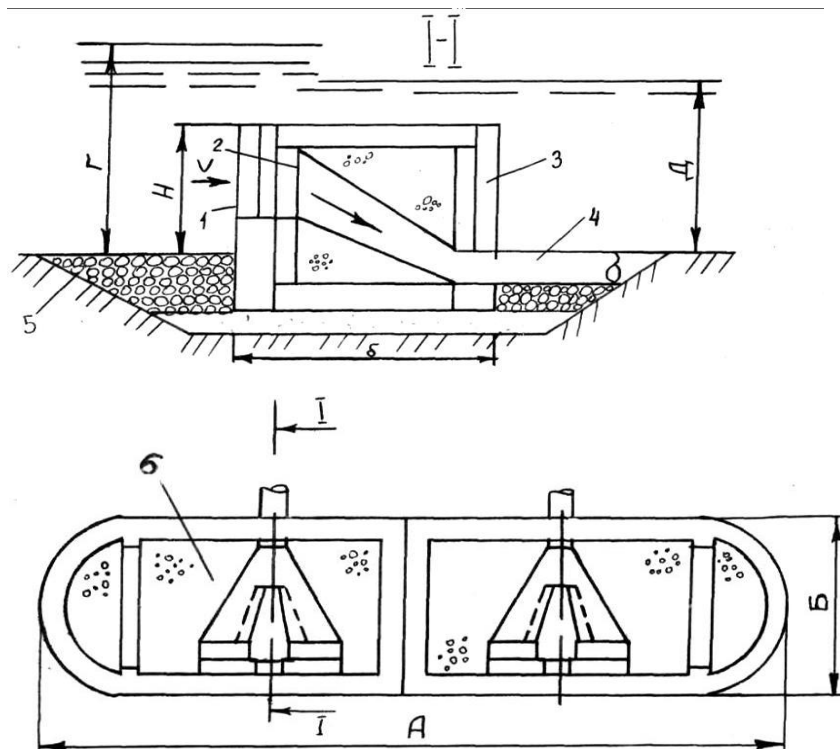
(Рисунок 24) применяются на реках с крайне тяжелыми условиями по шуге условиями при малой и средней производительности для разных глубин [26, 42].



а – в аллювиальном русле; б – бункерный; в – с вихревой камерой; г – упрощенный (трубчатый)  
 1 – водоток; 2 – фильтр; 3 – отстойка; 4 – самотечный водовод; 5 – трубопровод; 6 – корпус оголовка; 7 – решетка; 8 – подфильтровая камера; 9 – вихревая камера; 10 – щит для распределения потоков

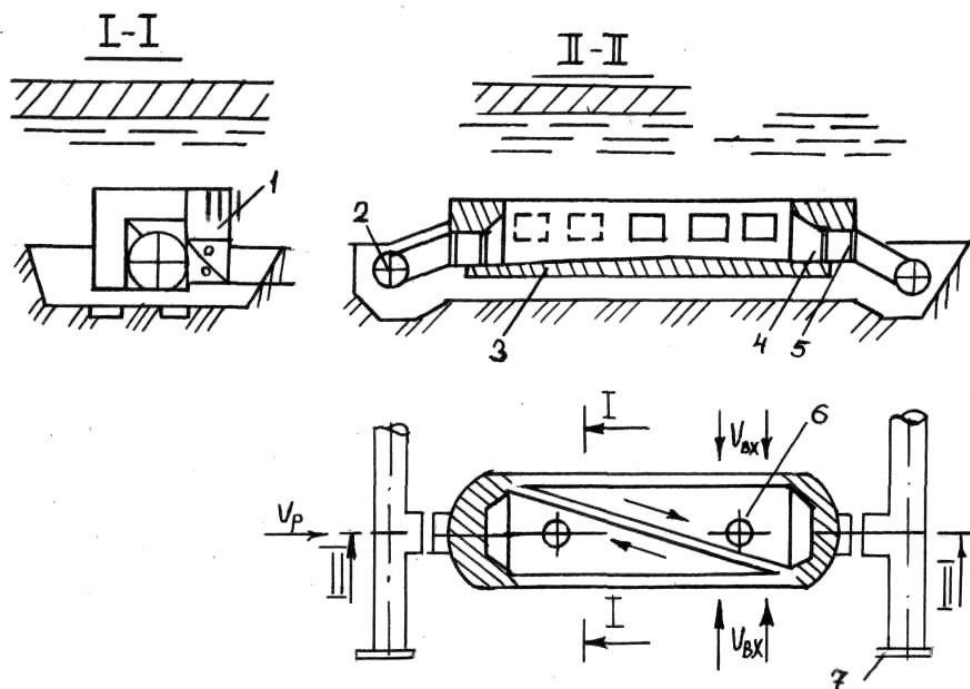
Рисунок 24 – Фильтрующие водоприемники конструкции ВНИИ ВОДГЕО

Раструбный защищенный оголовок из железобетона с приемом воды сбоку устанавливается на малых и средних реках, в том числе с лесосплавом с легкими и средними природными условиями при небольшой (до  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ ) производительности водозаборного сооружения (Рисунок 25).



1 – защитная решетка; 2 – оголовок; 3 – корпус; 4 – водовод; 5 – крепления русла камнем; 6 – каменная засыпка

Рисунок 25 – Раструбный защищенный оголовок из железобетона с боковым приемом воды



1 – водоприемные окна; 2 – водоводы; 3 – днище и стенки оголовка из железобетона; 4 – водоприемные раструбы; 5 – фланцы; 6 – смотровые люки; 7 – заглушки

Рисунок 26 – Двухсекционный защищенный оголовок конструкции ВНИИ ВОДГЕО из железобетона

Защищенный оголовок, разработанный ВНИИ ВОДГЕО из железобетона (Рисунок 26), применяется на реках с тяжелыми условиями по шуге, в том числе лесосплавных реках при производительности от 1 до 3 м<sup>3</sup>/с.

### **Выводы по первой главе**

1. Выполнен краткий обзор типов водозаборно-очистных сооружений из поверхностны источников, а также обзор существующих конструкций их водоприемной части.

2. При проектировании водоприемника необходимо учитывать особенности местных условий расположения: климатический фактор, глубина расположения, толщина донных отложений, подверженность водоема шугообразованию и т.д. [56].

3. Наибольшая эффективность наблюдается у фильтрующих водоприемников. Фильтрующий водоприемник позволит защитить оборудование водозаборно-очистного сооружения и сократить расходы на дальнейшую очистку воды. Например, при использовании фильтрующей призмы при малых скоростях фильтрования фильтр практически не подвержен кольматации, и дальнейшая обработка воды сводится к обеззараживанию ультрафиолетом [59].

## **Глава 2 Исследование возможности применения фильтрующих элементов «ТЭКО-СЛОТ» в водосборно-очистных сооружениях**

### **2.1 Особенности качественных характеристик воды в поверхностных источниках водоснабжения**

Качество воды поверхностного источника зависит от многих факторов, в т.ч. от времени года (весеннее половодье или летнее массовое размножение сине-зеленых водорослей). Также, если водохранилище совсем «молодое», то первые 3-4 года оно особенно подвержено процессам эвтрофирования [55]. Это связано с подтоплением обширных территорий и процессами разложения растительности.

Вода поверхностного источника характеризуется:

- достаточно большим количеством фосфора и азота, попадающих в водоисточник с сельскохозяйственными стоками с полей;
- наличием органических соединений, зоо- и фитопланктона, различных бактерий;
- средней мутностью воды (при подготовке ее для питьевого водоснабжения требуется коагуляция, отстаивание, фильтрование и т.д.);
- большим количеством взвешенных веществ;
- малым содержанием минеральных солей [17].

Под взвешенными веществами понимают различные частицы нерастворимых примесей, содержащихся в воде. Это могут быть глина, ил, песок, частицы различного происхождения, зоо- и фитопланктон, микроорганизмы. Кроме этого в воде могут присутствовать остатки листьев, веток, высшей водной растительности.

Под качеством природной воды понимают совокупность ее свойств, обусловленных характером содержащихся в воде примесей [62]. По своей природе примеси делятся на органические и неорганические. Отдельную группу примесей составляют микрофлора и микрофауна природных

водоемов, оказывающие существенное влияние на качество воды в самом водоеме, а также на работу очистных сооружений и систем водоснабжения населенных пунктов и промышленных предприятий. Согласно классификации Л.А.Кульского примеси природных вод в зависимости от их физико-химического состояния, в значительной степени определяемого дисперсностью, делятся на 4 группы [36]:

Первая группа:  $10^{-3}$ - $10^{-5}$  см – взвешенные частицы, образующие эмульсии и суспензии. Это частицы глины, песка, малорастворимые гидроксиды металлов, иловые частицы, эмульсии минеральных масел, нефтепродукты, микроорганизмы, обитающие в толще воды, в том числе бактерии. Совокупность этих примесей обуславливает мутность воды. Этот показатель можно использовать для оценки содержаний взвешенных веществ в воде.

Вторая группа:  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  см – коллоидно-растворенные примеси и высокомолекулярные органические вещества. Это частицы почвы и грунта, коллоидные соединения железа, а также гумус – продукт биохимического разложения растительных и животных остатков. Коллоидные примеси второй группы увеличивают мутность воды.

Третья группа:  $10^{-6}$ - $10^{-7}$  см – молекулярно-растворенные вещества, а также вирусы и бактериофаги. Сюда входят продукты жизнедеятельности и разложения бактерий, плесеней, водорослей, макрофитов и других обитателей водной среды.

Четвертая группа:  $10^{-7}$  см и менее – вещества, диссоциирующие в воде на ионы. Это различные соли, определяющие степень минерализации воды [67].

Количество взвешенных веществ в течение года постоянно меняется. Наибольший максимум наблюдается в период весеннего паводка, наименьший – в холодный период года.

Водохранилища имеют гораздо большее количество взвешенных веществ по сравнению с реками. Это обуславливается низкой скоростью

течения и большим количеством органических веществ в водоеме. В верхней части водохранилища, куда впадает река, еще поддерживается полуречной режим. Это накладывает отпечаток на состав воды. Большая часть взвесей, поступивших в водохранилище с речным стоком и образовавшаяся в нем, аккумулируется на дне водоема, формируя донные отложения. Средняя скорость осадконакопления в водохранилищах Верхней Волги составляет 0,2 см/год [6]. При этом в молодых водохранилищах процессы разложения органических веществ и формирования донных отложений идут интенсивнее. Это связано с определенным периодом «созревания» водохранилища, связанным с затоплением лесов, полей, пашен и т.д. [17].

Содержание органических веществ в речных водах достигает 180 мг/л и более (северные реки). В воде озер количество органических веществ достигает 100 мг/л и более. [67].

В водохранилищах сложность и разнообразие органического вещества в воде не позволяют получить точную количественную оценку органического вещества всего водоема. В воду постоянно поступают продукты жизнедеятельности организмов и остатки организмов, населяющих водоемы. Эти вещества частично остаются во взвешенном состоянии в воде, где поедаются другими организмами или распадаются, частично опускаются на дно, образуя донные отложения. Там они подвергаются последующим изменениям, которые связаны в основном с жизнедеятельностью бактерий [17]. Как правило, вода водохранилищ характеризуется значительным содержанием органических веществ, планктона и повышенной минерализацией в придонных слоях [67].

На водозаборно-очистных сооружениях взвешенные вещества попадают через приемные окна водоприемников в систему подачи воды на дальнейшую очистку. Они частично отсекаются вращающимися сетками и микрофильтрами. При этом необходимо периодически удалять их в виде накапливающегося осадка, что влечет за собой определенные расходы.

Оценку количества взвешенных веществ проводят в зависимости от



конкретных условий расположения водозаборно-очистного сооружения.

Так, например, по данным О.А.Завальцевой [29] на границе Ульяновской и Самарской областей в Куйбышевском водохранилище содержится следующее количество взвешенных веществ:

- правый берег: 21,0 мг/дм<sup>3</sup>;
- середина (о. Борок): 16,4 мг/дм<sup>3</sup>;
- левый берег: 11,0 мг/дм<sup>3</sup>

Средний гранулометрический состав донных отложений 0,02 мм. При этом в непосредственной близости от выпускных трубопроводов очистных станций наблюдается наибольшее загрязнение донных отложений [29].

Также одной из сложных проблем при организации водоснабжения из открытых водоемов является борьба с большим количеством водорослей (до 27,6 тыс. кл/мл, Пензенская область), особенно в теплый период года (зеленые, сине-зеленые, диатомовые водоросли) (рисунок 27).



Рисунок 27 – Ковер из водорослей на поверхности водоисточника

При достаточно хорошей прозрачности воды на глубину около 1 м

проникает примерно 36% солнечной радиации. Чем ближе к поверхности воды, тем теплее и тем лучше в ней развиваются водоросли, соответственно, в верхних слоях их значительно больше, чем на глубине. На глубинах около 10...12 м крупных водоемов фитопланктон составляет менее 5...7% от их общей массы в толще воды.

На глубинах 10 м видна разность в температуре поверхностных слоев воды и расположенных ниже (разница температур достигает от 5 до 12 градусов Цельсия). Для таких водоемов возможно устраивать водоприемники с широким фильтрующим фронтом (фильтрование откосами, стенками из песчаных или каменных смесей).

В настоящее время принята оценка количества водорослей в водоемисточнике – количество клеток на миллилитр (кл/мл) или млн. кл/мл несколько затрудняет их учет в общем составе взвесей (мг/л). Косвенно количество фитопланктона в водоемисточнике можно оценить по количеству содержащегося в воде хлорофилла «а», «b» и «с». Хлорофилл «а» содержится во всех группах водорослей: зеленых, сине-зеленых и диатомовых. Хлорофилл «b» содержится в зеленых и сине-зеленых водорослях, а хлорофилл «с» - в диатомовых [1].

В годы наиболее благоприятных условий развития водорослей, как например, в 2010 году при длительных аномальных повышенных температурах в летний период на Куйбышевском водохранилище – концентрация хлорофилла «а» увеличилась с 2,67 мг/дм<sup>3</sup> в июне до 8,56 мг/дм<sup>3</sup> в июле [54]. Для сравнения: за летний период 1990 года средние данные по концентрации хлорофилла «а» по приплотинному плесу Куйбышевского водохранилища составляли 0,014 мг/дм<sup>3</sup> [7].

Некоторые сине-зеленые водоросли выделяют токсины, из-за чего их большое количество в летний период года представляет опасность для человека в случае использования водоема в качестве источника питьевого водоснабжения.

При наличии в водоеме обильного количества сине-зеленых

водорослей особенно рекомендуется применять фильтрующие или инфильтрационно-фильтрующие водоприемники, которые обеспечивают предварительную очистку, отсекая водоросли до попадания их в систему водоочистки.

При заборе воды из поверхностного источника без фильтрующего приема водоросли, попадая на барабанные сетки с ячейками от 0,3 до 0,8 мм, частично задерживаются ими, далее частично попадают в систему последующей очистки воды, загрязняя ее продуктами своего распада, ухудшая качество воды для потребителя. Микрофильтры с ячейками 40-70 мкм в большей степени задерживают водоросли, но и требуют больше затрат времени и средств на промывку от них, к тому же они малопроизводительны.

Требуется разработка таких фильтрующих элементов, чтобы отсечь водоросли и взвешенные вещества до попадания их в систему водоочистки и при этом обеспечить необходимую производительность.

## **2.2 Анализ возможности применения спирально-навитых элементов «ТЭКО-СЛОТ» для водозаборно-очистных сооружений**

Спирально-навитая конструкция «ТЭКО-СЛОТ», разработанная и запатентованная производственным предприятием «ТЭКО-ФИЛЬТР», г.Тольятти, представляет собой непрерывную спираль из профилированной проволоки, намотанную на опорный каркас (стрингеры), имеющий в большинстве случаев такой же профиль, как и навивка. Стрингеры являются жесткими стержнями в осевом направлении и придают конструкции необходимую прочность [31]. В каждой точке пересечения навиваемого и поддерживающего профилей производится сварка. Параметры силы тока регулируются для каждого размера проволоки. Конструкция изготавливается непосредственно на станке и имеет название трубы щелевой.

Формирование щели (зазора) в трубах щелевых с фильтрацией «снаружи-внутрь» (Рисунок 28) регулируется за счет изменения подачи навиваемой проволоки и составляет от 0,05 мм до 15 мм.

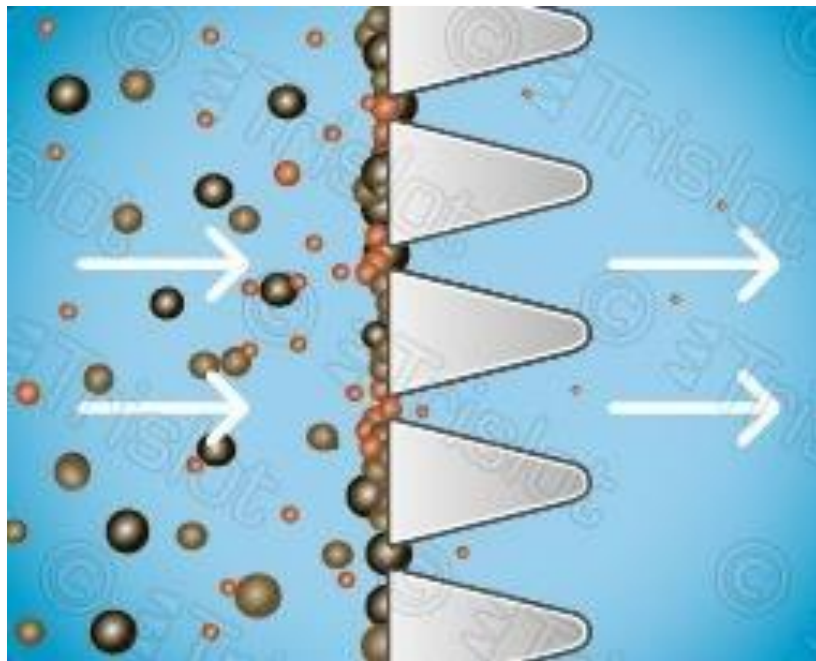


Рисунок 28 – Схема фильтрации снаружи-внутрь

Профиль, используемый при производстве щелевых конструкций, имеет размеры: 1,0×1,0 мм; 1,5×1,5 мм и 2,0×2,0 мм, но также могут применяться и другие размеры проволоки.

Трубы щелевые чаще всего изготавливаются из коррозионностойкой стали 08Х18Н10Т, что позволяет использовать их в постоянном контакте с пресной водой, а также в агрессивной среде при длительном контакте с ней (с некоторыми ограничениями).

При необходимости конструкции изготавливаются из других марок стали, а также из титана, например, для фильтрации морской воды с большим количеством растворенных минеральных солей, ускоряющих процессы коррозии [30]. Преимуществом конструкций такого типа является то, что их можно производить секциями, замкнутыми с обеих сторон кольцами

жесткости, а затем соединять необходимое количество секций, набирая необходимую длину фильтрующего элемента (Рисунок 29).

Труба щелевая является самонесущей конструкцией, т.е. не нуждается в дополнительном укреплении для повышения прочности.



Рисунок 29 – Производство подруслового фильтрующего элемента из сегментов с кольцами жесткости

Изделия из спирально-навитых конструкций устойчивы к экстремальным перепадам давления, температур, что позволяет использовать их в водозаборно-очистных сооружениях круглогодично без производства каких-либо дополнительных защитных мероприятий.



Рисунок 29 – Производство подруслового фильтрующего элемента из сегментов с кольцами жесткости



Рассмотрим процесс фильтрования. Твердые частицы удерживаются снаружи фильтрующего блока и создают препятствие для проникновения в щели более мелких частиц. Так называемый эффект «мостиков» получил название эффекта Коберли (Рисунок 30). Он препятствует забиванию щелей мелкими частицами и позволяет эксплуатировать фильтрующие элементы в течение длительного времени. Существует взаимосвязь между размером щелевого зазора, при котором частицы проходят в щель, не создавая мостика и размером щелевого зазора, когда устанавливается крепкий свод. После процесса регенерации мостик очень быстро создается вновь.

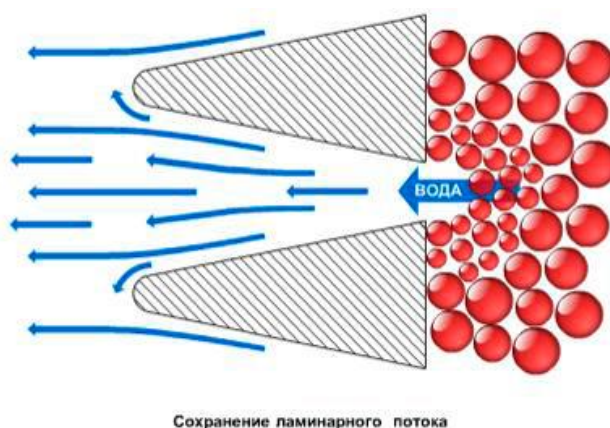


Рисунок 30 – Распределение потока в спирально-навитых фильтрующих элементах (эффект Коберли)

Как показывают наблюдения, наилучший результат получается при ширине зазора, несколько меньшей, чем два диаметра взвешенных частиц, содержащихся в фильтруемой среде.

Направление потока определяется положением поверхностных профилей относительно опорных профилей. На Рисунке 26 показано направление фильтрации снаружи-внутрь. Преимущества такой конструкции: не закупоривается, возможна быстрая промывка обратным потоком фильтрата (чистой рабочей среды), малый перепад давления, создаваемый самой конструкцией [30].

При занесении рабочей поверхности трубы щелевой взвесями и механическими частицами более, чем на 50%, скорость фильтрации снижается, перепад давления возрастает, и требуется обратная промывка фильтрующего элемента – его регенерация, т.е. восстановление его рабочих характеристик.

Преимуществом спирально-навитой конструкции «ТЭКО-СЛОТ» является то, что регенерацию, например, фильтрующих водоприемников возможно производить без извлечения его на поверхность водоема. Обратная промывка производится чистой водой (без механических примесей) или фильтратом.

При использовании спирально-навитой конструкции в подрусловом инфльтрационном фильтрующем элементе регенерация – не требуется.

Спирально-навитые конструкции «ТЭКО-СЛОТ» уже сейчас успешно применяются в качестве фильтрующих водоприемников на водозаборно-очистных сооружениях в России. Например, для Якутского водоканала разработаны и изготовлены фильтрующие элементы диаметром 300 мм для подрусового водозабора, а также фильтрующие элементы диаметром 250 мм и длиной 8 м для обеспечения защиты оборудования насосной станции (Рисунок 31).



Рисунок 31 – Фильтрующие элементы для Якутского водоканала  
Преимущества применения щелевых конструкций «ТЭКО-СЛОТ»:

- самонесущая прочная конструкция;
- замедление износа насосного оборудования;
- снижение расходов на эксплуатацию благодаря применению обратной промывки без демонтажа фильтрующего элемента;
- эффективная защита оборудования от органических составляющих (водные растения, зоопланктон);
- стабильность качества фильтрования.
- отсутствие необходимости в установке дополнительных водоочистных сеток;
- экологичность (не используются химические или токсичные вещества, водоем не загрязняется).
- рыбозащитная функция.

Загрязнения фактически задерживаются фильтрующим элементом и не проходят в систему далее по водоводу, не накапливаясь в нем. Снижается необходимость в частых обратных промывках, а также уменьшается



вероятность аварийной остановки при чрезмерном занесении водоприемников и водовода частицами грунта и другими механическими примесями.

Также применение фильтрующих водоприемников позволяет избежать преждевременного износа насосного оборудования, а также дополнительных расходов, связанных с их внеплановой заменой.

Использование фильтрующих элементов на основе спирально-навитых конструкций «ТЭКО-СЛОТ» при проектировании водоприемной части водозаборно-очистных сооружений имеет большие перспективы.

В последнее время все больше внимания уделяется отечественному производителю оборудования, разрабатываются новые конструкции фильтрующих элементов на основе «ТЭКО-СЛОТ» как эффективные, экологичные и экономически выгодные для решения задач по фильтрации воды на водозаборно-очистных сооружениях.

### **2.3 Исследование пропускной способности фильтрующего элемента «ТЭКО-СЛОТ» в условиях открытого водоема**

Для исследования пропускной способности фильтрующего элемента на основе спирально-навитой конструкции «ТЭКО-СЛОТ» в качестве фильтрующего водоприемника из поверхностного источника был проведен эксперимент в естественных условиях водоема.

Испытания проводились летом 2021 года на реке Волга в акватории Куйбышевского водохранилища, в заливе недалеко от мкр-на Портпоселка города Тольятти, на территории бывшей организации Волгалесосплав (Рисунок 32).



Рисунок 32 – Общий вид установки

Цель эксперимента: оценить пропускную способность фильтрующего элемента «ТЭКО-СЛОТ» в реальных условиях открытого поверхностного источника.

Задачи:

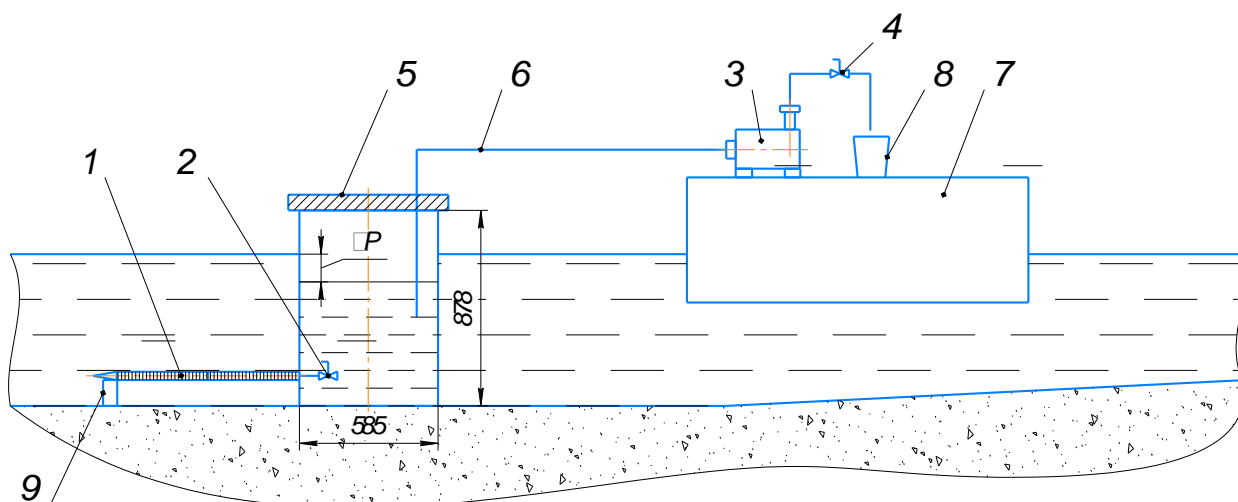
1. Подготовить оборудование для эксперимента согласно технологической схеме установки (Рисунок 33)
2. Транспортировать оборудование на место проведения эксперимента.
3. Провести эксперимент.
4. Зафиксировать результаты.
5. Сделать выводы.

Основное оборудование:

- фильтрующий элемент «ТЭКО-СЛОТ» с размером щелевого зазора 50 мкм;
- насос CALPEDA NGXM 4;
- металлическая бочка 200 л;
- плавучая платформа;
- грузило 50 кг;
- шланги, запорно-регулирующая арматура;
- силовые кабели согласно схеме установки;

– секундомер.

На Рисунке 33 показана схема установки для проведения эксперимента.



1 – фильтрующий элемент; 2 – кран шаровой полнопроходной G2; 3 – насос; 4 – кран шаровой полнопроходной G1; 5 – груз; 6 – гибкая линия G1 (шланг); 7 – плавучая платформа (катамаран); 8 – ведро; 9 – опора

Рисунок 33 – Схема установки

В опыте использовался насос марки CALPEDA, модель NGXM 4. На Рисунке 34 показаны характеристики насоса.

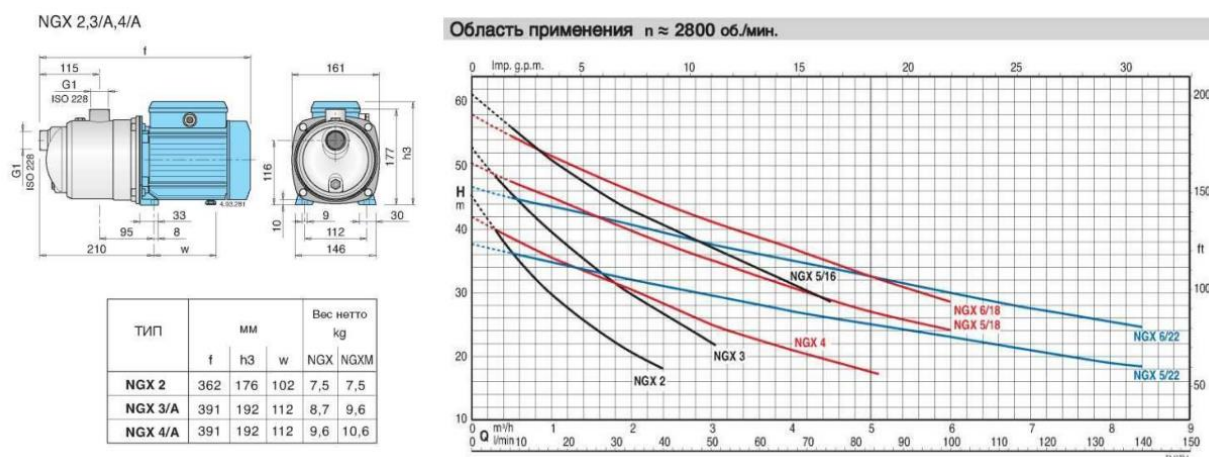


Рисунок 34 – Характеристики насоса CALPEDA NGXM 4

В качестве фильтрующего оголовка в эксперименте использовался фильтрующий элемент на основе спирально-навитой конструкции «ТЭКО-

СЛОТ» производства ООО «Производственное предприятие «ТЭКО-ФИЛЬТР», г. Тольятти. Фильтрующий элемент представляет собой дренаж Ø50 мм, с одной стороны которой установлен наконечник из нержавеющей стали для прокола грунта и возможности использования ее при бестраншейной прокладке [63], с другой стороны – выход на кран G2 для удобства использования. Дренаж может быть наращиваемой: сегменты длиной 0,6 м могут быть установлены последовательно друг за другом через соединительные муфты для того, чтобы увеличить длину и обеспечить необходимую площадь живого сечения щелей (Рисунок 35). Изнутри каждый сегмент укреплен трубой Ø38 мм для обеспечения прочности конструкции, например, при бестраншейной прокладке в грунт. В трубе имеются отверстия Ø8 мм. Ширина щелевого зазора: 100 мкм. Площадь живого сечения щелей для каждого сегмента составляет 0,0049 м<sup>2</sup>.



Рисунок 35 – Фильтрующий элемент

Через кран и прокладку фильтрующий элемент был смонтирован в металлическую бочку. Вода из поверхностного источника самотеком проходила через фильтрующий элемент и поступала в бочку (Рисунок 36).





Рисунок 36 – Кран шаровой полнопроходной G2 внутри бочки

Далее вода откачивалась через шланг насосом, установленным на плавучей платформе (Рисунок 37). Расход насоса был отрегулирован так, чтобы он был равен производительности фильтрующего элемента. Производился замер времени, за которое отфильтрованная вода, поступающая в бочку и откачанная насосом, составляла в объеме 10 л. Для измерения использовалось ведро соответствующего объема и секундомер.



### Рисунок 37 – Установка в работе

Разность уровней воды в р. Волга и внутри бочки – потери напора – в первом случае составляли 0,2 м, во втором – 0,1 м.

Эксперимент проводился сначала с одним сегментом, затем с двумя сегментами, соединенными последовательно. Всего с одним сегментом было проведено 5 замеров, с двумя сегментами – также 5 замеров.

В таблице 1 показаны результаты опыта с фильтрующим элементом, состоящим из одного сегмента.

Таблица 1 – Результаты опыта с одним сегментом

№ опыта	Изменение уровня воды в водохранилище и бочке, $\Delta h$ , м	Время, с	Объем воды, л	Площадь живого сечения щелей, $\text{м}^2$	Расход, л/с	Расход, $\text{м}^3/\text{с}$	Скорость, м/с
1	0,2	24,33	10	0,0049	0,411	0,000411	0,084
2	0,2	23,52	10	0,0049	0,425	0,000425	0,087
3	0,2	24,62	10	0,0049	0,406	0,000406	0,083
4	0,2	23,21	10	0,0049	0,431	0,000431	0,088
5	0,2	23,29	10	0,0049	0,429	0,000429	0,088
		23,794			0,4204	0,0004204	0,086

Площадь живого сечения щелей определяется по формуле (1):

$$S_{\text{жив.}} = \frac{L \cdot t}{t+1,5} (D_{\text{нар}} \cdot \pi - 1,5 \cdot n_{\text{стр}}), \quad (1)$$

где  $L$  – длина щелевой части, мм;

$t$  – ширина щели, мм;

$D_{\text{нар}}$  – наружный диаметр щелевой поверхности фильтрующего элемента, мм;

$n_{\text{стр}}$  – количество поддерживающих профилей, шт.

Скорость втекания в щели фильтрующего элемента определяется по формуле (2):

$$v = \frac{P}{S_{\text{жив.}} \cdot 3600} \quad (2)$$

где  $P$  – требуемая производительность,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$S_{\text{жив.}}$  – площадь живого сечения щелей,  $\text{м}^3$

В таблице 2 показаны результаты опыта с фильтрующим элементом, состоящим из двух сегментов.

Таблица 2 – Результаты опыта с двумя сегментами

№ опыта	Изменение уровня воды в водохранилище и бочке, $\Delta h$ , м	Время, с	Объем воды, л	Площадь живого сечения щелей, $m^2$	Расход, л/с	Расход, $m^3/c$	Скорость, м/с
1	0,1	8,29	10	0,0098	1,21	0,00121	0,123
2	0,1	8,31	10	0,0098	1,20	0,0012	0,122
3	0,1	8,04	10	0,0098	1,24	0,00124	0,127
4	0,1	8,73	10	0,0098	1,14	0,00114	0,116
5	0,1	8,67	10	0,0098	1,15	0,00115	0,117
		8,408			1,188	0,001188	0,121

Согласно [56] рекомендуемая скорость втекания в щель для фильтрующих и инфильтрационно-фильтрующих водоприемников с учетом рыбозащиты составляет 0,1 м/с. Как видно из полученных с помощью эксперимента данных, в первом случае средняя скорость составляет 0,086 м/с. Во втором случае при увеличении площади живого сечения щелей в 2 раза, производительности в 2,8 раза - средняя скорость составила 0,121 м/с.

Весна и начало лета 2021 года выдались прохладными, поэтому традиционное «цветение» водоема сдвинулось на более позднее время относительно среднегодовых периодов. Тем не менее на момент проведения эксперимента (14 июля) наблюдался незначительный рост количества сине-зеленых водорослей в водоеме. Анализ количества водорослей по хлорофиллу а, b, c в день проведения эксперимента был проведен филиалом Самарского исследовательского института РАН (Институтом экологии Волжского бассейна РАН) и приведен в Приложении А.

Опыт может быть транслирован на фильтрующие элементы с большей площадью живого сечения щелей и, соответственно, большей производительностью.

## 2.4 Результаты эксперимента и их анализ

При проведении данного эксперимента мы столкнулись с тем, что наблюдали некоторое заиливание, засорение щелей фильтрующего элемента



– кольматацию. Частицы величиной, приблизительно равной размеру щели, накапливались на поверхности спирально-навитой конструкции, часть из них попадала в щели и застревала в них, уменьшая площадь живого сечения щелей и ухудшая гидравлические характеристики фильтрующего элемента.

Вариант расположения фильтрующего элемента у самого дна водоема – не совсем удачное решение, т.к. в воде у дна содержится больше механических примесей, донных отложений и т.д., чем в толще воды или ближе к поверхности водоема.

Также, чтобы исключить проблему засорения фильтрующего элемента, можно увеличить размер его щелей до 1-1,5 мм. А чтобы при этом в систему водозаборно-очистного сооружения не попадали механические частицы меньшего размера, можно использовать засыпку галькой или щебнем размером 15-25 мм. Таким образом можно добиться увеличения производительности фильтрующего элемента, при этом сохранив рыбозащитную функцию.

Эксперимент проводился в период начального роста сине-зеленых водорослей, поэтому оценить работу фильтрующего элемента в качестве преграды для сине-зеленых водорослей в период их массового размножения, не удалось. Следует продолжить работу в данном направлении.

### **Выводы по второй главе**

1. Выбор размера щели фильтрующего элемента необходимо осуществлять в зависимости от конкретных условий эксплуатации водозаборно-очистного сооружения, а также типа водоприемного устройства.

2. Необходимо располагать фильтрующий водоприемник выше уровня донных отложений, в толще воды или ближе к поверхности, но с учетом нижней границы ледяного покрова водоема.

3. Для уменьшения или полного исключения кольматации фильтрующего элемента можно использовать его в качестве

инфильтрационно-фильтрующего или инфильтрационного с обсыпкой щебнем или галькой.

4. Чтобы полностью оценить работу спирально-навитых элементов «ТЭКО-СЛОТ», следует продолжить исследование на прототипе фильтрующего водоприемника с большим количеством взвешенных веществ в водоеме, а также в период массового размножения сине-зеленых водорослей.

## **Глава 3 Конструктивные решения водозаборно-очистных сооружений на основе «ТЭКО-СЛОТ»**

### **3.1 Особенности конструирования фильтрующих элементов на основе «ТЭКО-СЛОТ» для водозабора**

Фильтрующие элементы «ТЭКО-СЛОТ» могут быть спроектированы в виде осесимметричной конструкции – трубы щелевой диаметром от 29 мм до 300 мм, как показано на рисунке 38, или в виде любой другой формы, полученной в результате сварки отдельных плоских элементов, как показано на рисунке 39. Плоские элементы получают развальцовкой труб щелевых Ø287 мм.



Рисунок 38 – Осесимметричная конструкция Ø50 мм



Рисунок 39 – Сварка плоских элементов

При этом фильтрующие элементы осесимметричной формы выдерживают гораздо большую нагрузку, чем плоские, что обусловлено их формой. Именно поэтому их целесообразнее использовать для инфильтрационных и инфильтрационно-фильтрующих водоприемников. При этом в каждом конкретном случае необходимо произвести расчет на прочность: смоделировать расчетную схему, прилагая заданную нагрузку от массы засыпки над фильтрующим элементом, а также нагрузку от перепада давления при возможной кольматации щелевой поверхности. Наилучшее соотношение наружного диаметра фильтрующего элемента и количества опорных стрингеров из условия обеспечения прочности конструкции наблюдается у  $\varnothing 50$ ,  $\varnothing 110$ ,  $\varnothing 154$  и  $\varnothing 214$  мм.

Любую другую форму фильтрующих элементов, полученных сваркой плоских пластин, можно использовать в качестве плавучих водоприемников, расположенных в толще воды и воспринимающих меньшую постоянную нагрузку - только перепад давления при кольматации.

При проектировании водозаборно-очистных сооружений необходимо обеспечить их производительность согласно техническому заданию. Производительность фильтрующего водоприемника обеспечивается достаточной площадью живого сечения щелей [25]. Для осесимметричных конструкций – увеличением длины в зависимости от диаметра.

По результатам проведенных исследований водосборной дрены выполнены расчеты производительности в зависимости от размера щели и скорости втекания воды. Приведены таблицы 3...5 зависимости производительности фильтрующего элемента от его диаметра и скорости втекания воды в щели.

Таблица 3 – Зависимость производительности от диаметра, размера щели, длины и скорости 0,04 м/с

Диаметр, мм	Кол-во стрингеров, шт.	Размер щели, мм	Длина, мм	Площадь живого сечения щелей, м <sup>2</sup>	Производительность, м <sup>3</sup> /ч
50	18	0,5	1000	0,0325	4,68
110	30	0,5	1000	0,0751	10,81
125	30	0,5	1000	0,0869	12,51
154	48	0,5	1000	0,1029	14,82
214	76	0,5	1000	0,1395	20,09
268	72	0,5	1000	0,1834	26,41
287	72	0,5	1000	0,1984	28,57
300	90	0,5	1000	0,2018	29,06

Таблица 4 – Зависимость производительности от диаметра, размера щели, длины и скорости 0,08 м/с

Диаметр, мм	Кол-во стрингеров, шт.	Размер щели, мм	Длина, мм	Площадь живого сечения щелей, м <sup>2</sup>	Производительность, м <sup>3</sup> /ч
50	18	0,5	1000	0,0325	9,36
110	30	0,5	1000	0,0751	21,63
125	30	0,5	1000	0,0869	25,03
154	48	0,5	1000	0,1029	29,64
214	76	0,5	1000	0,1395	40,18
268	72	0,5	1000	0,1834	52,82
287	72	0,5	1000	0,1984	57,14
300	90	0,5	1000	0,2018	58,12

Таблица 5 – Зависимость производительности от диаметра, размера щели, длины и скорости 0,1 м/с

Диаметр, мм	Кол-во стрингеров, шт.	Размер щели, мм	Длина, мм	Площадь живого сечения щелей, м <sup>2</sup>	Производительность, м <sup>3</sup> /ч
50	18	0,5	1000	0,0325	11,70
110	30	0,5	1000	0,0751	27,04
125	30	0,5	1000	0,0869	31,28
154	48	0,5	1000	0,1029	37,04
214	76	0,5	1000	0,1395	50,22
268	72	0,5	1000	0,1834	66,02
287	72	0,5	1000	0,1984	71,42
300	90	0,5	1000	0,2018	72,65

На Рисунке 40 показана зависимость производительности фильтрующего элемента от его диаметра, размера щели и скорости втекания в щель.

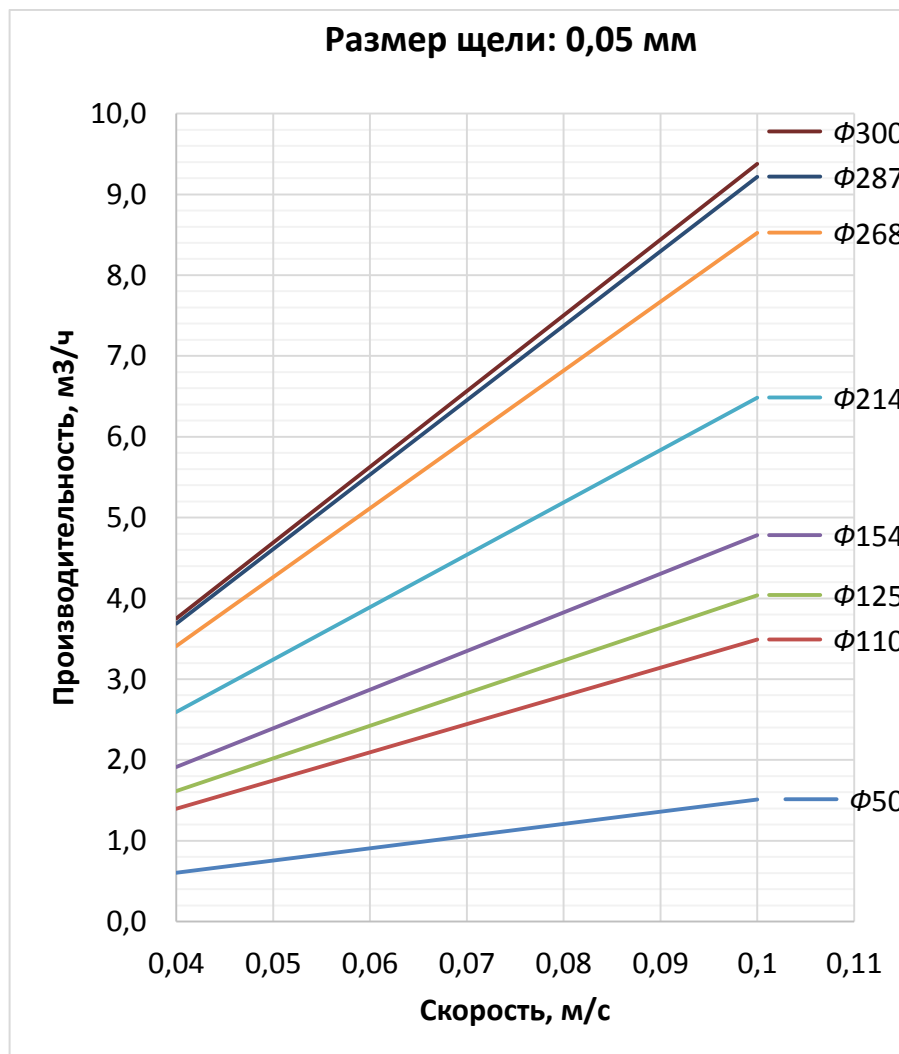


Рисунок 40 – График выбора оптимального диаметра фильтрующего элемента со щелью 0,05 мм

Аналогичные зависимости наблюдаются и для фильтрующих элементов с другими размерами щелей. На Рисунках 41-45 показаны аналогичные зависимости для размеров щели 0,1 мм; 0,15 мм; 0,2 мм; 0,25 мм и 0,5 мм.

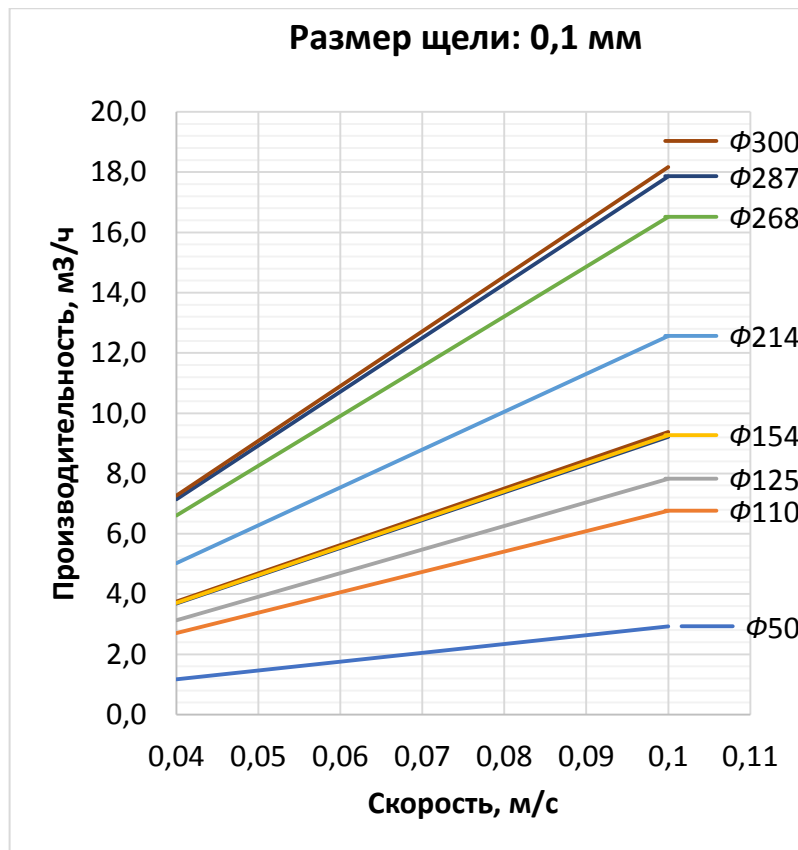


Рисунок 41 – График выбора оптимального диаметра фильтрующего элемента со щелью 0,1 мм

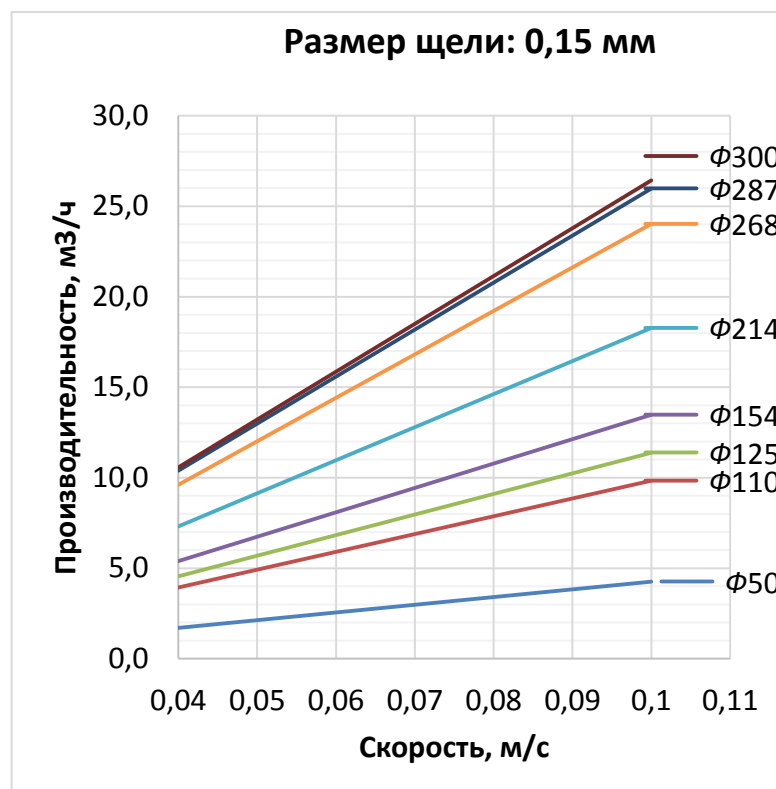


Рисунок 42 – График выбора оптимального диаметра фильтрующего элемента со щелью 0,15 мм

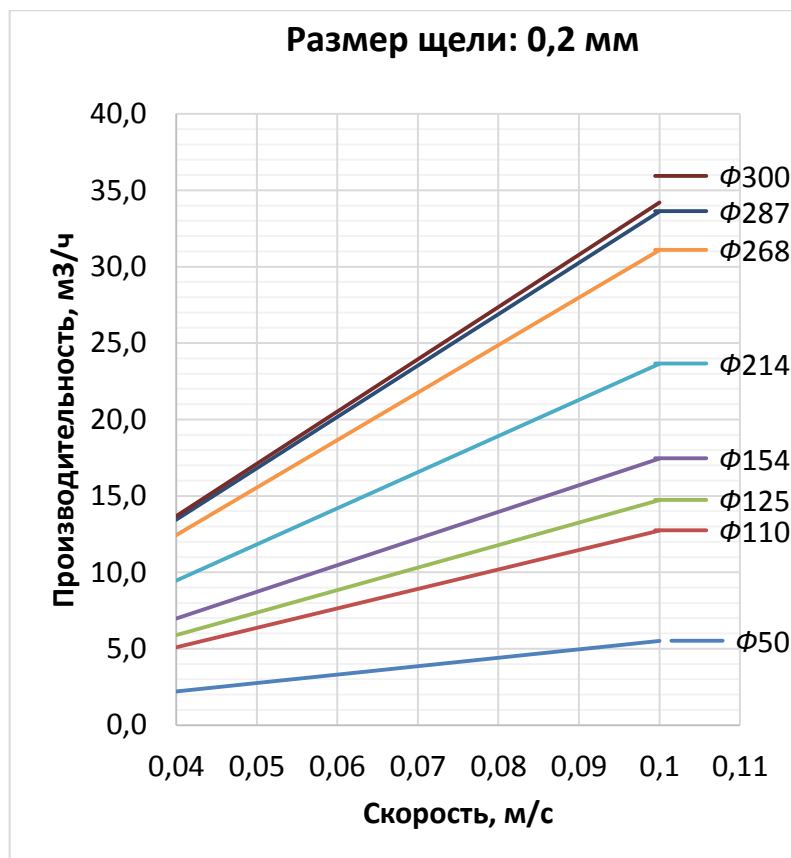


Рисунок 43 – График выбора оптимального диаметра фильтрующего элемента со щелью 0,2 мм

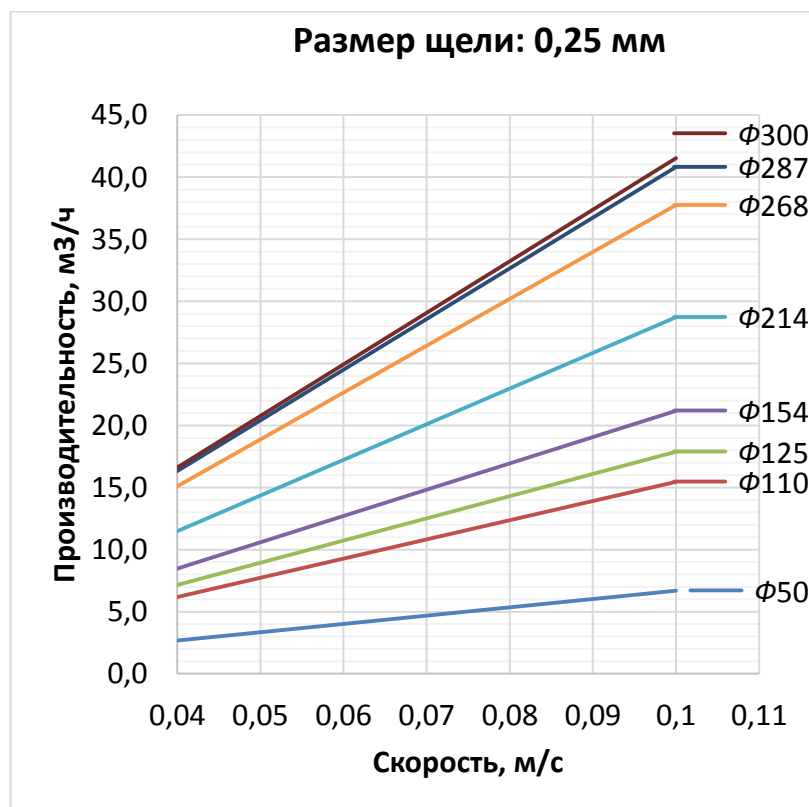


Рисунок 44 – График выбора оптимального диаметра фильтрующего элемента со щелью 0,25 мм



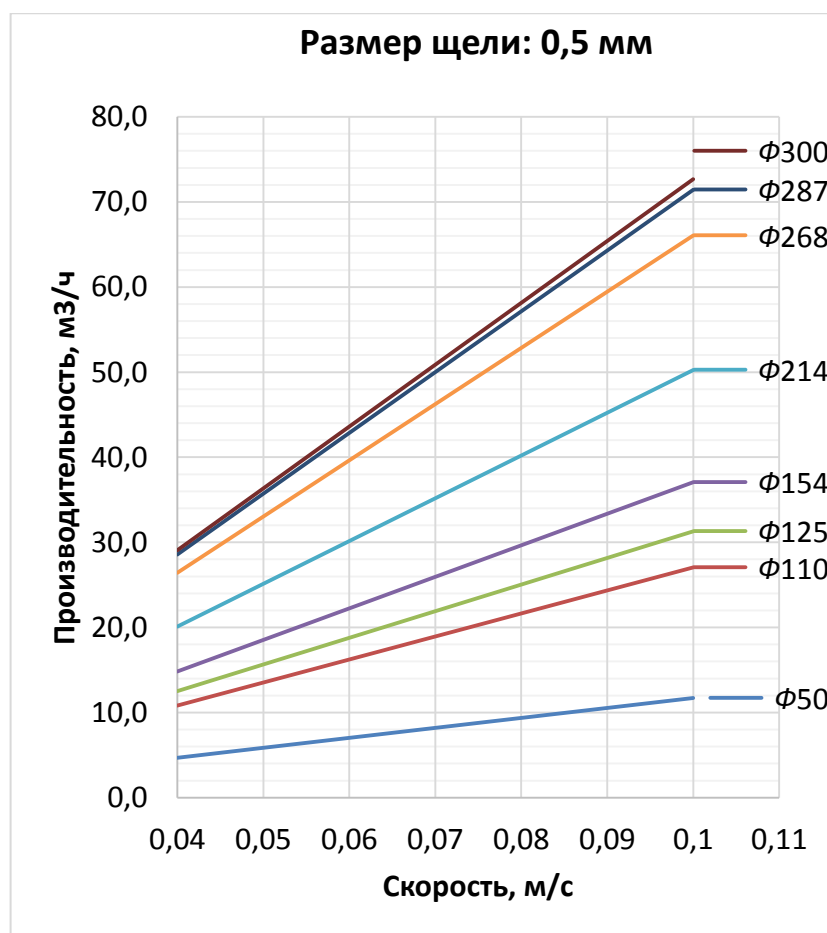


Рисунок 45 – График выбора оптимального диаметра фильтрующего элемента со щелью 0,5 мм

Графики можно использовать для подбора диаметра фильтрующего элемента при проектировании водозаборно-очистных сооружений.

Данные графики созданы на основе информации о существующей на настоящий момент оснастке. При этом возможно изготовление фильтрующих элементов других диаметров с другим, в том числе увеличенным количеством поддерживающих профилей-стрингеров, чтобы обеспечить максимальную прочность конструкции, например, при ее бестраншейной прокладке (63). Для этого разрабатывается и изготавливается оснастка в соответствии с необходимыми требованиями конкретного проекта. Для фильтрующих элементов с фильтрацией снаружи-внутри разрабатывается одна оснастка на один диаметр, а ширина щели регулируется подачей проволоки навивки. Для фильтрующих элементов изнутри-наружу оснастка разрабатывается для каждого размера щели. Оснастка изготавливается из

марок сталей 40X, 40X13, 65Г и других, при ее проектировании учитывается запас на износ рабочих поверхностей [30].

### **3.2 Разработка конструкции фильтрующего элемента открытого типа**

В работе рассматривалась возможность использования фильтрующего элемента «ТЭКО-СЛОТ» в качестве водоприемника водозаборно-очистных сооружений из поверхностных источников, располагаемого в толще водоема. Эта конструкция должна обеспечивать необходимую производительность, а также удовлетворять требованиям рыбозащиты и обеспечивать минимальную очистку воды от плавающего сора (листьев, хвои, крупных водорослей и др.). Для этого целесообразно назначить размер щели 0,5 мм. Это позволит обеспечить технологические характеристики, определенные техническим заданием на разработку конструкции, в частности производительность, а также не допустит попадания в щель мальков рыб. При этом скорость входа в щель с учетом рыбозащитной функции должна быть не более 0,1 м/с [56]. Например, диаметр фильтрующего элемента 268 мм, длина в свету 740 мм, скорость входа в щель 0,08 м/с. Производительность 1 метра длины фильтрующего элемента со щелью 0,5 мм составит 52,84 м<sup>3</sup>/ч. Для длины 0,74 м производительность составит 37 м<sup>3</sup>/ч. При определении производительности использовались графики, показанные на Рисунках 40-45.

Фильтрующий элемент открытого типа показан на Рисунке 46.

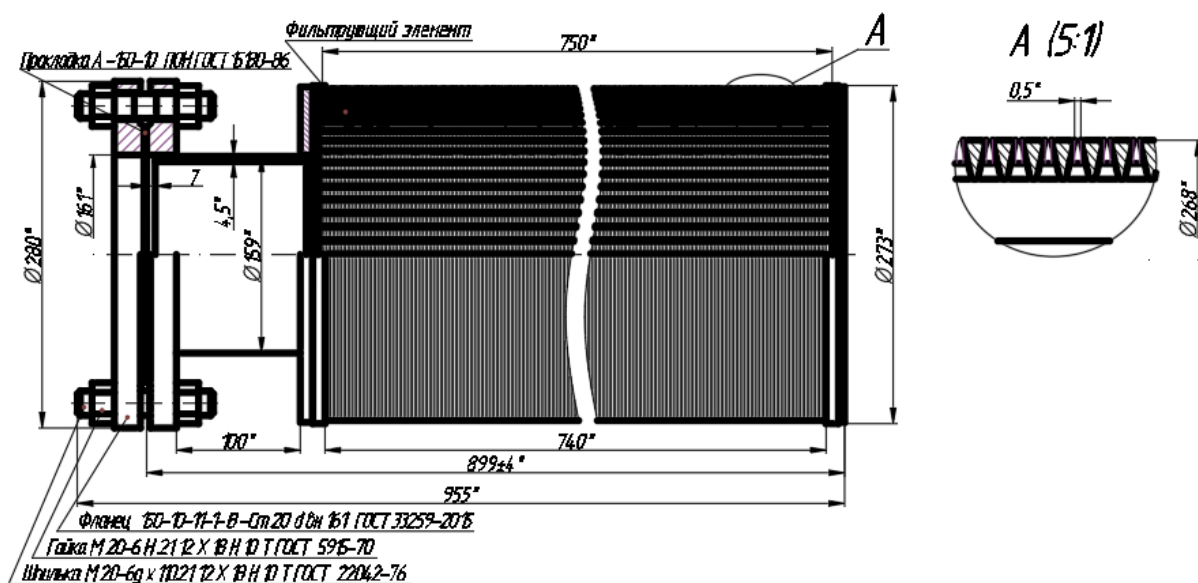


Рисунок 46 – Общий вид фильтрующего элемента открытого типа.

Подобные фильтрующие элементы были изготовлены и установлены на водозаборе II категории парк-отеля, г. Сортавала, Республика Карелия, для подачи воды в кольцевую сеть противопожарного водоснабжения. Для присоединения фильтрующего элемента к технологической линии используется фланцевое соединение по ГОСТ 33259-2015. Фильтрующий элемент устанавливается на конце линии через прокладку и закрепляется с помощью болтов. Количество водозаборных оголовков – два. Водозаборные оголовки вынесены в акваторию на расстояние около 100 м от берега и стационарно установлены на дне Ладожского озера на глубине около 15 м, что обусловлено рельефом дна, с характерным относительным увеличением глубины на данном участке прибрежной акватории. Водозаборный оголовок стационарно размещен на дне на высоте 1 м от грунта. Расстояние от берега обусловлено выполнением требований по обеспечению зоны санитарной охраны. На Рисунке 47 показана опорная конструкция водозаборного оголовка.

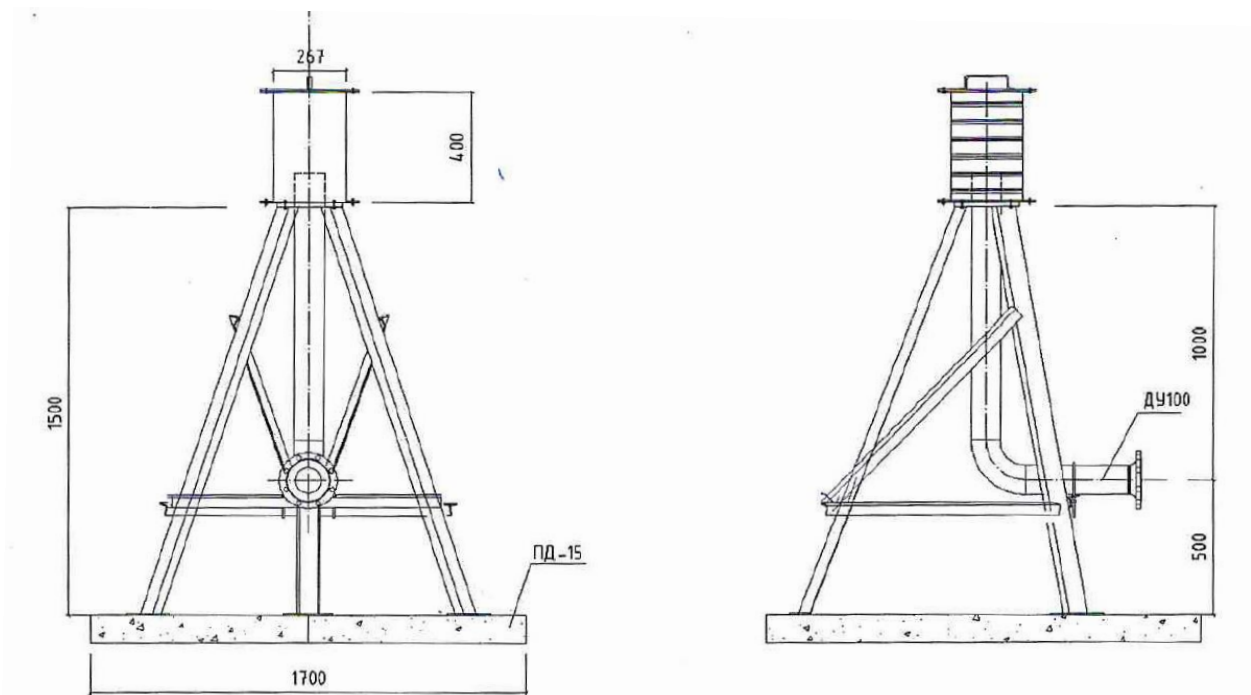


Рисунок 74 – Опорная конструкция водозаборного оголовка открытого типа

От каждого водозаборного оголовка проложен самотечно-всасывающий трубопровод из полиэтилена, соединенный с насосом первого подъема. Насос располагается в наземном павильоне НС-1. Для обеспечения расхода  $36 \text{ м}^3/\text{ч}$  принято количество всасывающих линий – две.

Площадь живого сечения щелей фильтрующего элемента рассчитана на скорость втекания воды менее  $0,1 \text{ м/с}$ , чтоб обусловлено требованиями рыбозащиты [56]. Представленное решение одобрено ФГДУ Карелрыбвод на предпроектной стадии, о чем получено соответствующее подтверждение.

Также фильтрующие элементы могут устанавливаться в водозаборно-очистных сооружениях других типов. На Рисунке 48 показаны фильтрующие элементы открытого типа, установленные в ковше.



Рисунок 48 – Установленные в ковше фильтрующие элементы открытого типа

Такая конструкция воспринимает нагрузки от перепада давления, увеличивающиеся со временем за счет колюматации. Для восстановления технологических параметров (производительность, скорость входа в щель, перепад давления) необходимо периодически выполнять импульсную обратную промывку щелей [30]. Для обеспечения возможности проводить промывку на водозаборно-очистном сооружении должно быть предусмотрено соответствующее оборудование: насос, вакуумный стояк, воздушный клапан и т.д [26].

Установка фильтрующего элемента открытого типа предполагает отсутствие активного хода шуги в месте выхода технологической линии в водоем и достаточную глубину расположения фильтрующего элемента, ниже нижней границы ледяного покрова.

Такие фильтрующие водоприемники, в особенности с размерами щели до 1 мм, часто подвержены колюматации – засорению. Особенно часто это наблюдается, когда размер щели близок по значению размерам взвешенных частиц в водоеме. В таком случае твердые частицы загрязнений застревают в щели и не выталкиваются из нее при обратной промывке. Фильтрующие элементы подобного типа часто подвержены биообрастанию (дрейссена, водоросли), что приводит к отклонениям от нормальной эксплуатации и не

обеспечивает заявленных в проектной документации эксплуатационных характеристик [40]. Чтобы восстановить эксплуатационные характеристики требуется чистка вручную водоприемных оголовков, что влечет за собой дополнительные затраты средств и времени.

Также отрицательной чертой водоприемников открытого типа можно назвать их уязвимость против механических воздействий, вызванных ледоходом, шугой, наездом моторными лодками, топляками, сильной волной и т.д. Это в первую очередь связано с тем, что, как правило, фильтрующие элементы такого типа закреплены в конце технологической линии консольно, то есть с одной стороны, что не обеспечивает достаточной жесткости при эксплуатации в реальных условиях открытого водоема. При установке фильтрующих элементов открытого типа необходимо обеспечить их надежную защиту от механических воздействий.

Пример фильтрующего элемента открытого типа в водоеме показан на Рисунке 49. Как видно, место его расположения под водой обозначено на поверхности и имеет специальное ограждение в виде металлических прутьев для защиты от возможных повреждений.

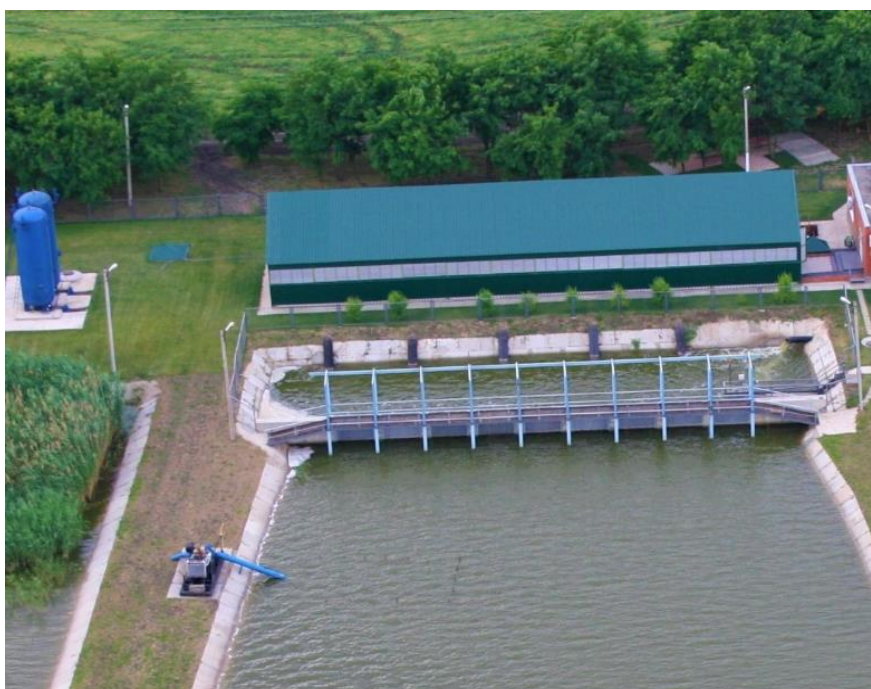


Рисунок 49 – Пример применения фильтрующего элемента открытого типа

### 3.3 Разработка конструкции фильтрующего элемента для поверхностного водозабора с использованием фильтрующей загрузки (щебень)

Фильтрующий элемент представляет собой конструкцию на основе «ТЭКО-СЛОТ», в которой имеются две щелевые поверхности: первая непосредственно отсекает механические примеси перед подачей воды в технологическую линию, а вторая, наружная, удерживает фильтрующую загрузку. С противоположной стороны устанавливается съемная заглушка для загрузки/выгрузки фильтрующего материала. При необходимости увеличить площадь живого сечения щелей заглушку внешней оболочки также можно выполнить в виде щелевой конструкции. Эскиз осесимметричного фильтрующего элемента показан на Рисунке 50.

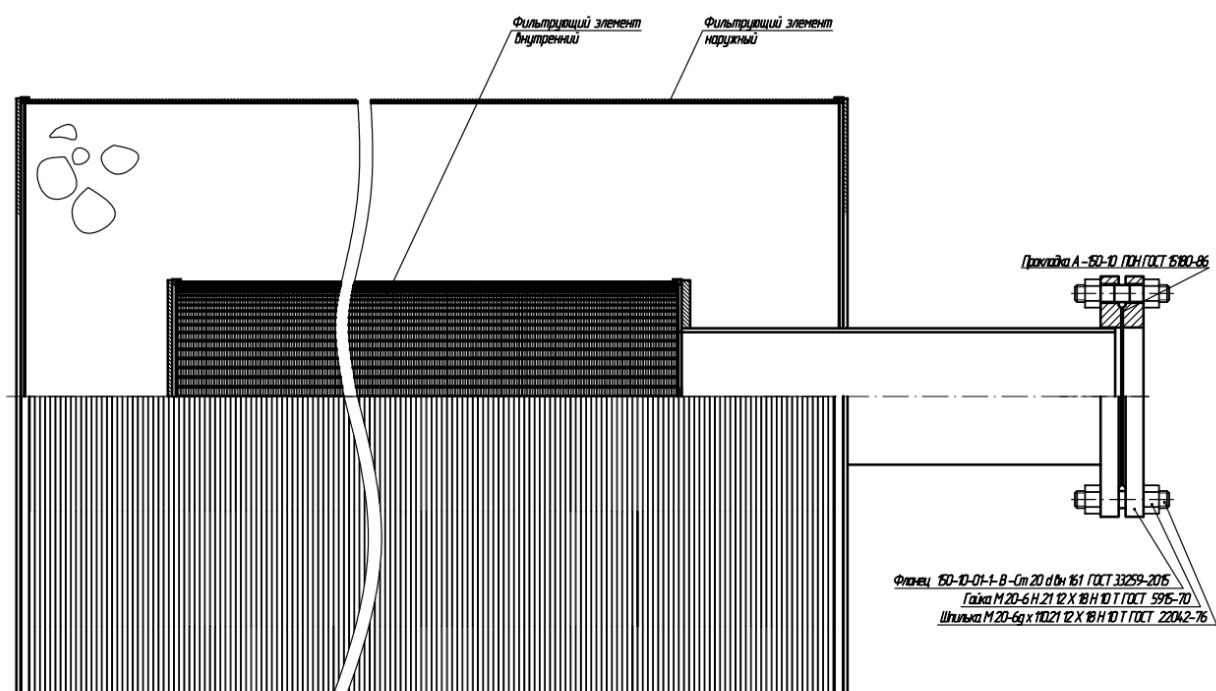


Рисунок 50 – Эскиз осесимметричного фильтрующего элемента с фильтрующей загрузкой

Данный тип фильтрующего элемента целесообразно выполнять с внешней щелью 1,0-3,0 мм, что по сравнению с водоприемниками открытого



типа существенно увеличивает производительность, а значит, потребуются меньшие размеры самой конструкции фильтрующего элемента (длина) при тех же технологических параметрах. Это позволит сократить себестоимость изготовления изделия. Одной из таких конструкций может быть фильтрующий элемент, показанный на Рисунке 51.

Для уменьшения кольматации, а также для выполнения рыхлозащитной функции используется фильтрующая загрузка, например, щебень с крупностью 15-25 мм, насыпаемый поверх фильтрующего элемента на высоту до 5-6 его диаметров.

Промывка щелей фильтрующего элемента также осуществляется импульсным способом. Для возможности промывки на водозаборно-очистном сооружении должно быть предусмотрено соответствующее оборудование.

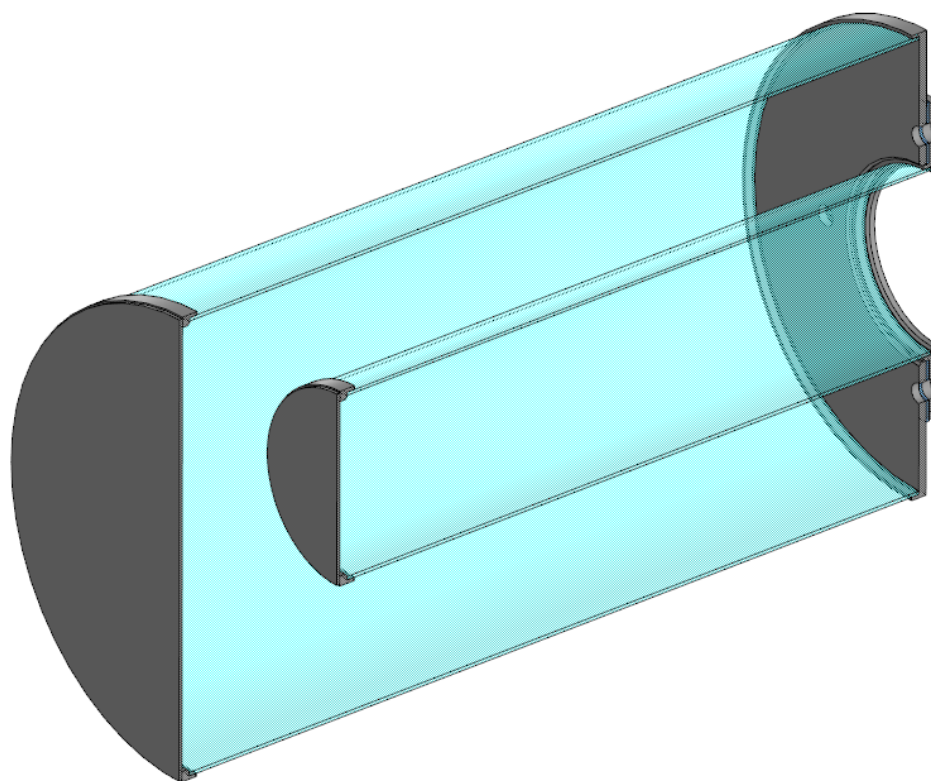


Рисунок 51 – Модель осесимметричного фильтрующего элемента с фильтрующей загрузкой



Также в качестве фильтрующего элемента с загрузкой можно использовать различные виды конструкций из плоских элементов. Плоские элементы получают развальцовкой щелевых труб диаметром 287 мм и более. В щелевой короб заводится щелевая труба со щелью 0,5 мм. Размер щели короба может быть различным: от 1 до 3 мм. Он выполняет функцию удержания фильтрующей загрузки (щебня). При этом одну или несколько сторон можно сделать непроницаемыми (сплошными). Например, при установке фильтрующего элемента на водоеме малой глубины или вблизи рыхлого дна водохранилища можно сделать сплошной (непроницаемой) нижнюю часть короба, чтобы меньше вовлекать придонные слои воды. Или для того, чтобы не допустить попадания водорослей в линию, можно сделать сплошными боковые стороны. Возможны различные варианты конструкции в зависимости от конкретных условий размещения водоприемника в водоеме.

К достоинствам такого типа фильтрующего водоприемника можно отнести большую производительность, малую степень заноса щелей отложениями, возможность использования его без обсадной трубы. Себестоимость изготовления уменьшается за счет отсутствия обсадной трубы, но с другой стороны увеличивается на счет использования более дорогой (более материалоемкой оснастки) и поддерживающих профилей увеличенного поперечного сечения. Недостатком можно назвать не слишком большую жесткость конструкции и невысокую устойчивость продольных профилей ввиду больших размеров сегментов, а также недостаточность обратной импульсной промывки для смыва загрязнений с щелевой поверхности.

К плюсам фильтрующего элемента данного типа также можно отнести то, что его засыпка выполняет хорошую рыбозащитную функцию, полностью защищая молодь рыб от попадания в щели фильтрующего элемента и далее в водовод.

Производственное предприятие «ТЭКО-ФИЛЬТР» располагает необходимым оборудованием для изготовления подобных фильтрующих

элементов. Данное направление является перспективным и требует дальнейшего изучения.

### **3.4 Разработка конструкции инфильтрационно-фильтрующего элемента для поверхностного водозабора с использованием фильтрующей загрузки (щебень и песок)**

Данный тип фильтрующего элемента может устанавливаться в русле реки. Поверх крупной засыпки укладывается песок или естественный грунт. Сначала насыпается 2,2 м щебня фракцией 15-25 мм, затем песок 1,2 м фракцией 1,0-1,6 мм. Щель фильтрующего элемента выбирается исходя из крупности частиц песка.

Для обеспечения прочности фильтрующего элемента возможно использовать спирально-навитую конструкцию «ТЭКО-СЛОТ» без применения обсадной трубы (трубы-основания). При этом необходимо произвести расчет на прочность с приложением нагрузок от перепада давления при кольматации и массы фильтрующей засыпки.

Конструкция может быть использована как без, так и с применением трубы-основания. Применение обсадной трубы существенно увеличивает прочность конструкции. В любом случае нахождение тяжелой строительной техники над тем участком поверхности, под которым располагается такой фильтрующий элемент, запрещается.

Коэффициент фильтрации такого фильтрующего элемента становится похож на коэффициент фильтрации естественных пород. Особенностью его является то, что со временем происходит кольматация и снижение пропускной способности. Условия работы и эксплуатационные характеристики становятся похожи на инфильтрационный водоприемник [59]. Периодически проводится обратная промывка, что позволяет частично регенерировать поверхностный слой фильтрующего элемента и восстановить характеристики фильтрующего элемента. Для этого на водозаборно-

очистном сооружении должно быть предусмотрено соответствующее оборудование для проведения обратной промывки [25].

Одним из подобных разработанных и реализованных проектов с фильтрующими элементами данного типа стало строительство блока очистных сооружений насосной станции НС-1 в г. Искитим Новосибирской области Производственным предприятием «ТЭКО-ФИЛЬТР» были изготовлены три фильтрующих элемента на основе каркасно-проволочной конструкции «ТЭКО-СЛОТ», длиной 15 м каждый [30]. Диаметр фильтрующих элементов 530 мм. Размер щели составляет 1,0 мм. Каждый фильтрующий элемент состоит из трех сегментов, заключенных с обеих сторон в кольца жесткости, сваренные между собой. С одной стороны фильтрующего элемента приварена заглушка, с другой фланец для присоединения к технологической линии (водоводу). Общий вид фильтрующего элемента такого типа показан на Рисунке 52.

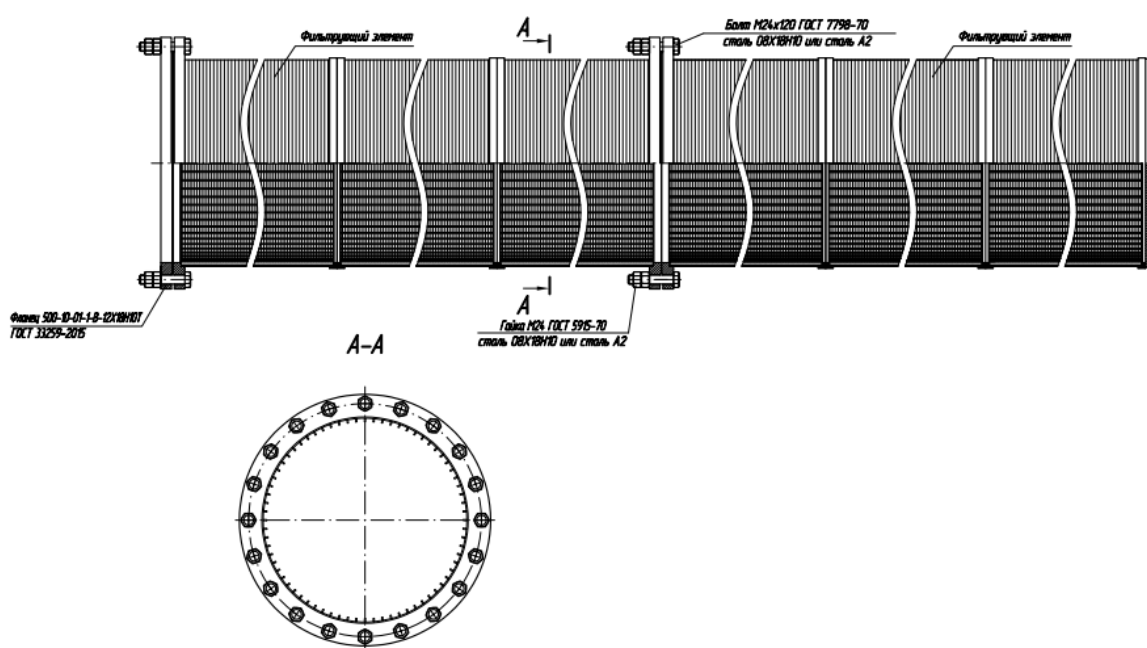


Рисунок 52 – Общий вид инфильтрационно-фильтрующего элемента

Данный вид фильтрующего элемента разработан без обсадной трубы, что подтверждено расчетом на прочность, выполненного конструктором на этапе проектирования. При этом поддерживающий профиль имеет размеры

10×3 мм. Именно он, а также кольца жесткости в данном случае обеспечивают прочность конструкции.

Схема установки инфильтрационно-фильтрующего элемента показана на Рисунке 53.

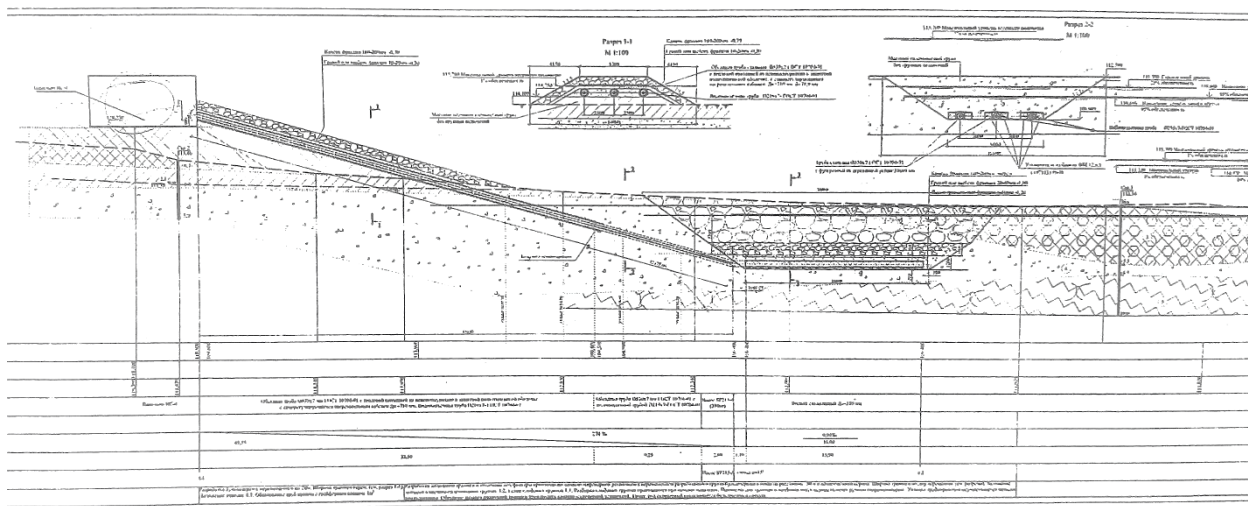


Рисунок 53 – Схема установки инфильтрационно-фильтрующего элемента

Расчет на прочность выполнен в программе ANSYS 17 методом эквивалентной обечайки. Данный метод заключается в замене щелевой части конструкции на обечайку такой толщины, чтобы площадь поперечного сечения была равна площади поперечного сечения щелевой части. На Рисунке 54 показаны результаты расчета на прочность.

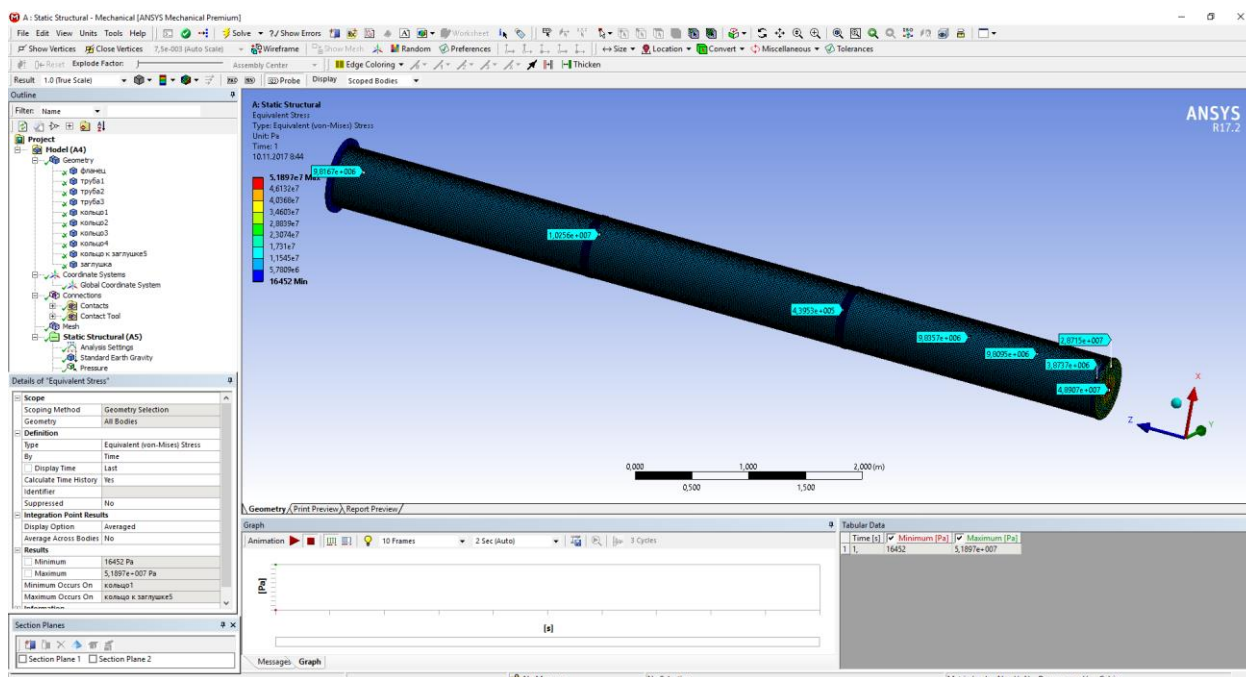


Рисунок 54 – Расчет на прочность в программе ANSYS

Существенным достоинством фильтрующих элементов, предназначенных для работы с засыпкой, является их сравнительно малая кольматация, в то время как фильтрующий элемент открытого типа сильно подвержен этому явлению [59]. В ходе натурального эксперимента мы могли наблюдать, как наружная фильтрующая поверхность покрылась мелкими хлопьеобразными частицами донных отложений водохранилища. Также можно отметить практически полное отсутствие биообрастания и хорошую рыбозащитную функцию. Рыба воспринимает засыпку как непреодолимое препятствие и не подходит близко к ней [5].

Применение подрусловых фильтрующих элементов перспективно в первую очередь за счет хороших эксплуатационных характеристик. В отличие от фильтрующих элементов открытого типа не требуется их периодическая проверка и очистка вручную щетками. Для восстановления характеристик достаточно импульсной промывки обратным током чистой среды (для инфльтрационно-фильтрующих элементов с засыпкой) или промывка не требуется (для инфльтрационных элементов с засыпкой). Промывка загрязненной средой, содержащей механические примеси, не допустима и ведет к застреванию твердых частиц примесей в клиновидных

щелях каркасно-проволочной конструкции «ТЭКО-СЛОТ», после чего требуется их чистка вручную. При этом металлические щетки применять не допускается [30].

### **3.5 Рекомендации по увеличению срока службы фильтрующих водоприемников на этапе проектирования, производства и эксплуатации**

Водозаборно-очистные сооружения из поверхностных источников являются стратегически важной частью системы водоснабжения городов и промышленных предприятий. В большинстве случаев они эксплуатируются уже несколько десятков лет. Срок их службы либо подходит к концу, либо уже завершился [61]. Металлические элементы водоприемников, особенно из углеродистой или низколегированной стали, постоянно контактирующие с водой, подвергаются коррозии (Рисунок 54) [38]. При этом ухудшается качество воды, подаваемой потребителю. Частицы разрушенного коррозией металла попадают в технологическое оборудование, приводя к его остановкам и ремонту, увеличивая эксплуатационные расходы.



Рисунок 54 – Демонтированный водоприемник из углеродистой стали Новолядовского водозабора на р. Сылва Пермский край [32]

Защита водоприемных конструкций от коррозии и продление срока их службы являются первоочередной задачей, стоящей перед разработчиком, изготовителем и эксплуатирующей организацией.

Изделия из сталей с высоким содержанием легирующих элементов менее подвержены коррозии, чем из сталей с низким содержанием. Нержавеющие стали также подвержены коррозии (Рисунок 55).



Рисунок 55 – Пример плавучих водоприемных оголовков из нержавеющей стали

Различают щелевую, точечную, контактную, коррозию сварных швов, межкристаллитную и др. виды коррозии. При разработке конструкций водоприемников необходимо стараться избегать контакта стали с другими материалами, например, с деревом или резиновым уплотнителем. В образовавшихся между деталями щелях, где поступление кислорода ограничено, и оксидная защитная пленка не может полностью восстановиться самостоятельно – возникает щелевая коррозия [38]. Там, где нарушена оксидная пленка, обнажается ферритный слой (например, для нержавеющей сталей), который, окисляясь, приводит к возникновению очагов коррозии.

Возникновению этого вида коррозии, а также ухудшению гидравлических характеристик способствуют скопления моллюска дрейссены на поверхности металлической конструкции. Этот вид моллюска особенно быстро развивается в малоподвижной воде, водохранилищах, зарегулированных реках [40].

На вероятность возникновения коррозии существенно влияет жесткость воды, ее солесодержание, насыщение кислородом, характер

течения воды в поверхностном источнике, а также температура воды. В водохранилищах с малыми скоростями течения коррозионные процессы протекают интенсивнее, особенно в теплое время года.

На этапе проектирования и производства возможно снизить вероятность возникновения коррозии при выполнении следующих рекомендаций:

- по возможности выносить сварные швы из зоны контакта с водой;
- стараться избегать наличия щелей, зазоров между деталями, где оксидная пленка не может полностью самовосстановиться во избежание возникновения щелевой коррозии [16];
- производить качественную зачистку поверхности околошовной зоны перед сваркой;
- не использовать в конструкции различные марки сталей во избежание образования гальванических пар и контактной коррозии;
- присадочный металл следует выбирать с заведомо большим количеством легирующих элементов (хрома, никеля), чтобы таким образом частично компенсировать их выгорание при повышенных температурах;
- производить термообработку зон сварных швов или всей конструкции в целом для стабилизации фаз металла и уменьшения остаточных напряжений (особенно важно для тонкостенных изделий);
- производить последующую механическую и химическую обработку, например, пассивацию зоны сварного шва [38];
- повышать качество поверхности металла при механической обработке, постоянно находящегося в воде, улучшать шероховатость поверхности, производить полировку (механическую, электрохимическую);
- применять материал с сертификатами качества, подтверждающими его стойкость к межкристаллитной коррозии.

Приведенные рекомендации помогут существенно продлить срок службы оборудования водозаборно-очистных сооружений, работающих в постоянном контакте с водой.



## **Выводы по третьей главе**

1. Предложены варианты различных конструкций водоприемных оголовков водозаборно-очистных сооружений из поверхностных источников. Выбор того или иного типа фильтрующего элемента зависит от конкретных условий местности, а также требований, предъявляемых к водозаборно-очистному сооружению, описанным в техническом задании на проектирование.

2. Приведены таблицы зависимости производительности фильтрующих элементов от диаметра и размера щели, а также графики выбора оптимального диаметра осесимметричной конструкции от скорости в щелях и производительности.

3. Как показывают расчеты на прочность, осесимметричные элементы выдерживают большую нагрузку, чем элементы другой формы. Они могут быть применимы в качестве подрусовых фильтрующих элементов, а также при бестраншейной прокладке. В том случае рекомендуется использовать увеличенное количество поддерживающих профилей, а при бестраншейной прокладке – еще и обсадную трубу.

4. Наиболее эффективными типами водоприемных оголовков являются фильтрующие элементы с загрузкой щебнем, а также инфильтрационно-фильтрующие элементы с загрузкой щебнем и песком (аллювием). В последних наблюдается практически полное отсутствие биообрастания, обеспечивается хорошая производительность и рыбозащитная функция [59].

5. Приведены рекомендации, выполнив которые на этапе проектирования и производства можно существенно увеличить срок службы водоприемных конструкций.

## Заключение

В работе рассмотрены основные конструкции водоприемных оголовков, применяемые в настоящий момент на водозаборно-очистных сооружениях в качестве фильтрующих водоприемников.

Обозначены основные особенности и характеристики спирально-навитых элементов «ТЭКО-СЛОТ» и принципы конструирования изделий из них.

Проведен эксперимент с прототипом фильтрующего элемента в условиях открытого водоема. В результате определена его характеристика и позволяют сделать вывод о перспективности применения подобных фильтрующих элементов в качестве фильтрующего водозаборного оголовка.

Разработаны конструкции фильтрующих элементов открытого типа, с засыпкой и подруслового. По результатам наблюдений, а также при сравнении достоинств и недостатков различных типов конструкций наиболее перспективным типом является именно подрусловый инфильтрационно-фильтрующий элемент, поскольку он позволяет в полном объеме выполнить задачи, стоящие перед ним: предварительная очистка воды, уменьшение затрат на эксплуатацию водозаборно-очистного сооружения, защита насосного оборудования от механических примесей, защита оголовка от шуги и льда, уменьшение влияния на водоисточник, рыбозащитная функция.

При применении подобных инфильтрационно-фильтрующих элементов с засыпкой наблюдается практически полное отсутствие биообрастания, что важно для поддержания стабильных эксплуатационных характеристик фильтрующего оголовка, таких, как размер щели, скорость, производительность.

### Список использованных источников

1. Абакумов В. А. Руководство по гиробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. СПб. : Гидрометеоздат, 1992. 318 с.
2. Алферова Т.К., Амиров Ю.Д., Волков П.Н. и др.; под ред. Ю.Д. Амирова. Технологичность конструкций изделий: Справочник– М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.
3. Белоконев Е.Н., Попова Т.Е., Пурас Г.Н. Водоотведение и водоснабжение: учебное пособие для бакалавров. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 379 с.
4. Беспалова К.В., Лушкин И.А., Селезнева А.В., Селезнев В. А.. Рациональное использование и инженерно-экологическая защита водной среды: учебное пособие / сост. Тольятти: ТГУ, изд-во ООО типография «Форум» 2020. – 287 с.
5. Боронина Л.В. Фильтрующий водоприем как способ рыбозащиты на водозаборных сооружениях коммунального и промышленного водоснабжения: диссертация кандидата технических наук : 05.23.04 Пенза 2000.
6. Буторин Н.В. Биологическая продуктивность и качество воды Волги и ее водохранилищ. М.: Наука, 1984 г. 245 с.
7. Бычек Е.А. Структура зоопланктонного сообщества Куйбышевского водохранилища: механизмы формирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Москва, 1995.
8. Вдовин Ю.И., Вишневская Н.С. Водозаборно-очистные сооружения систем водоснабжения в криолитозоне России: Монография. – М.: РУДН, 2007. – 199 с.
9. Вдовин Ю.И. Фильтрующие водозаборы // Водоснабжение и санитарная техника. – 1970.– №5. – С. 3-10.
10. 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.

11. Вдовин Ю.И. Теория и практика фильтрующего водоприема для систем водоснабжения. – М.: ВИНТИ, 1998.

12. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников / Под ред. Михайлова К.А. и Образовского А.С.. – М.: Стройиздат, 1976. – 368.

13. Водоподъемные установки для местного водоснабжения (справочное пособие) Лобачев П.В., Михеев О.П., Гуменщиков Л.Н., М.: НИИСТ, 1961 г.139 с.

14. Водоснабжение. Водоотведение. Оборудование и технологии (справочник). – Москва: Стройинформ, 2006. – 456 с.

15. Волжский бассейн. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы / Под ред. Г.С.Розенберга. – М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации/Центр экологической политики России, 2011. – 104 с.

16. Герасимов В.В. Коррозия сталей в нейтральных водных средах. М.; Металлургия, 1981. 192 с.

17. Горбачев Е.А. Проектирование очистных сооружений водопровода из поверхностных источников: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 240 с.

18. Гошкодеря В.А. О зоопланктоне Куйбышевского водохранилища. Материалы первой научной конференции молодых гидробиологов Узбекистана, Ташкент: издательство ФАН, 1986. – 32 с.

19. Гошкодеря Л.В., Лушкин И.А. Перспективы применения спирально-навитых конструкций «ТЭКО-СЛОТ» на водозаборно-очистных сооружениях, Сборник Всероссийской студенческой научно-практической междисциплинарной конференции «Молодежь. Наука. Общество», Тольятти, 2020 <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/20735>

20. Гошкодеря Л.В., Лушкин И.А. Рекомендации по уменьшению коррозии оборудования водозаборно-очистных сооружений на этапе проектирования, производства и эксплуатации, Сборник материалов научно-практической конференции «Дни науки ТГУ», Тольятти, 2021.

21. Гошкодеря Л.В., Лушкин И.А. Исследование пропускной способности фильтрующих элементов на основе спирально-навитой конструкции «ТЭКО-СЛОТ» для поверхностного водозабора, Сборник Всероссийской студенческой научно-практической междисциплинарной конференции «Молодежь. Наука. Общество», Тольятти, 2021

22. Гошкодеря Л.В., Лушкин И.А. Особенности конструирования фильтрующих элементов для поверхностного водозабора на основе «ТЭКО-СЛОТ», Сборник материалов научно-практической конференции «Дни науки ТГУ», Тольятти, 2022.

23. Гурвич С. М., Кострикин Ю.М. Оператор водоподготовки. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 304 с.

24. Дидковский В.А., Розенблат Б.А., Сосковнин В.М.. Авторское свидетельство 435321 СССР Водоприемник для забора воды из поверхностных источников Водоприемник для забора воды из поверхностных источников — SU 1182114 (patents.su)

25. Журба М.Г., Вдовин Ю.И., Говорова Ж.М., Лушкин И.А. Водозаборно-очистные сооружения и устройства. – М.: Астрель, 2003.

26. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 288 с. Т.1.

27. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 496 с. Т.2.

28. Заббаров А.Н. (состав.) Проектирование водозаборных сооружений. Водозаборы поверхностных вод Методические указания. - Казань: КИСИ, 1993. - 38 с.

29. Завальцева О.А. Современное эколого-гидрохимическое состояние Куйбышевского водохранилища в пределах Ульяновской области Вода: химия и экология №9, сентябрь 2011 г. с. 17-22
30. Интернет-источник: <https://www.teko-filter.ru/>
31. Интернет-источник: <https://www.trislot.be>
32. Интернет-источник:  
[http://www.roscomsys.ru/press-center/news/?ID=5582&PAGEN\\_2=9](http://www.roscomsys.ru/press-center/news/?ID=5582&PAGEN_2=9)
33. Интернет-источник: <https://www.wedgewire-screen.com/wedgewirescreen/intake-screens.html>
34. Интернет-источник: <http://www.zhiges.rushydro.ru/>
35. Климков В.П., Копытовских А.В., Авторское свидетельство 448087 СССР Водоприемник поверхностных вод, Водоприемник поверхностных вод — SU 1576650 (patents.su)
36. Кульский Л.А. Очистка воды на основе классификации её примесей. Киев.: Украинский НИИ НТИиТЭИ.1967, 14 с.
37. Ланина Т.Д., Селиванова Е.С. Водозаборные сооружения поверхностных источников. Методические указания. — Ухта: УГТУ, 2013. — 47 с.
38. Лучкин Р.С. Коррозия и защита металлических материалов (структурные и химические факторы): - электронное учебное пособие/ Р.С. Лучкин. – Тольятти: издательство ТГУ, 2017 г., 269 с.
39. Малишевский Н.Г. Водоприемники из открытых водоемов – Харьков: Изд. ХГУ, 1958.
40. Михайлов Р.А. Распространение моллюсков рода Dreissena в водоемах и водотоках Среднего и Нижнего Поволжья. Институт экологии Волжского бассейна РАН, 2015
41. Насберг А.А. Патент 969841 СССР Фильтр лучевого водозабора Фильтр лучевого водозабора — SU 969841 (patents.su)
42. НИИ ВОДГЕО Проектирование сооружений для забора поверхностных вод. - М.: Стройиздат, 1990.

43. Образовский А.С., Ереснов Н.В., Ереснов В.Н. и др. Водозаборные сооружения для водоснабжения из поверхностных источников. – М.: Стройиздат, 1976.
44. Орлов В.А., Орлов В.Е. Строительство, реконструкция и ремонт водопроводных и водоотводящих сетей бестраншейными методами: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 222 с.
45. Орлов Е.В. Водозаборные сооружения из поверхностных источников Учебное пособие. — Москва: МГСУ, 2013. — 100 с. — ISBN 978-5-7264-0736-4.
46. Павлинова И.И., Баженов В. И., Губий И.Г. Водоснабжение и водоотведение: учебник для бакалавров. – 4 изд., перераб. И доп. – М.: Издательство Юрайт, 2015. – 472 с.
47. Петрашкевич В.В. Авторское свидетельство М 1219715 4924582 СССР Рыбозащитное устройство водозаборного оголовка, Рыбозащитное устройство водозаборного сооружения — SU 1802039 (patents.su)
48. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. — М.: Стройиздат, 1984. — 183с..
49. Разумов Г.А. Лучевые водозаборы для водоснабжения городов и промышленности под ред. Веригина Н.Н. М.: 1962. – 59 с.
50. Рысин М.С. Водозаборно-очистные сооружения при совместном отборе поверхностных и подрусловых вод: магистерская диссертация, ФГБОУ ВО ТГУ, Тольятти, 2016.
51. Рысин М.С., Лушкин И.А. Водозаборно-очистные сооружения при совместном отборе поверхностных и подрусловых вод. В сборнике: Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья. сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции (заочной). 2015. С. 179-185.
52. СанПиН 2.1.4.1074-01 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901798042>

53. СанПиН 2.1.4.1116-02 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901816045>
54. Селезнёва А. В., Селезнёв В. А., Беспалова К. В., - Массовое развитие водорослей на водохранилищах р. Волги в условиях маловодья, - Поволжский экологический журнал. 2014. № 1. С. 88 – 96
55. Сиренко Л.А., Гавриленко М.Я.К. «Цветение» воды и евтрофирование, Киев: «Наукова Думка», 1978, - 232 с.
56. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
57. Тезисы докладов третьей Поволжской конференции «Проблемы охраны вод и рыбных ресурсов», Казань: КГУ, КГПИ, 1983. – 295 с.
58. Технологии очистки воды «ТЕХНОВОД-2017»: материалы X-юбилейной Межд. науч.-практ. конф.; г. Астрахань, 5–6 октября 2017 г. / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т. (НПИ) имени М.И. Платова – Новочеркасск: «Лик», 2017.– 299 с.
59. Турутин Б.Ф. Подрусловые инфильтрационные сооружения при кольматации. – Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1987. – 180 с.
60. Фахреев Д.С., Лушкин И.А. О применении спирально-навитых фильтрующих элементов "ТЭКО-СЛОТ" в конструкциях водозаборных сооружений. В сборнике: Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии. сборник статей XVI Международной научно-практической конференции. Под редакцией Селезнева В.А., Лушкина И.А., 2014. С. 90-94.
61. Филенков В.М., Лушкин И.А., Кучеренко М.Н. Повышение надежности систем водоснабжения: учебное пособие. – Тольятти: ТГУ, изд-во типография ООО «Форум», 2017. – 191 с.
62. Химия воды: Аналитическое обеспечение лабораторного практикума : учеб. пособие / В. И. Аксенов, Л. И. Ушакова, И. И. Ничкова ;



[под общ. ред. В. И. Аксенова] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 140 с.

63. Храменков С.В., Орлов В.А., Харькин В.А. Технологии восстановления подземных трубопроводов бестраншейными методами: Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2004. -240 с.

64. Шевченко Н.А. Совершенствование водозаборов из поверхностных источников, находящихся в длительной эксплуатации: магистерская диссертация, ФГБОУ ВО ТГУ, Тольятти, 2019.

65. Шкура В. Н., Михеев П. А., Гулянский А. Ш., Аникин В. С., Азоян В. З. (СССР) Авторское свидетельство № 4746517 СССР, Рыбозащитное устройство / 6 с.: Рыбозащитное устройство — SU 1712531 (patents.su)

66. Штанько, А. С. Фильтрующие водозаборы из водотоков для подачи предварительно очищенной воды в системы капельного орошения / А. С. Штанько // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2020. – № 3(39). – С. 123–139. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1142>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2020-3-123-139

67. Яковлев С.В., И.Г. Губий, И.И. Павлинова, В.Н. Родин Комплексное использование водных ресурсов: учебное пособие. – М.: Высш. Шк., 2005 – 384 с (с.37.).

68. Bakhtiyor Uralov, Norkobul Rakhmatov, Sanatjon Khidirov, Gayrat Safarov, Farokhiddin Uljaev and Ikboloy Raimova. – Hydraulic modes of damless water intake. – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021.

69. Butko D., Lazareva Y., Sharkova M.. – Investigation of factors of the appearance of odor in river water at the water intake of Rostov-On-Don. – IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021.

70. Cîrciumaru, G.; Chihaiia, R.-A.; Voina, A.; Gogoas, e Nistoran, D.-E.; Simionescu, S-M.; El-Leathey, L.-A.; Mândrea, L. Experimental Analysis of a Fish

Guidance System for a River Water Intake. *Water* 2022, 14, 370.  
<https://doi.org/10.3390/w14030370>

71. Heba Mohamed; Hossam Elersawy. – INNOVATIVE APPROACH FOR DELINEATION OF WATER INTAKE PROTECTION ZONE AT RIVER NILE. – Cairo water week. – 2021.

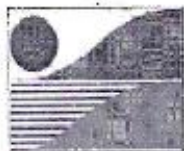
72. Markus Boller. – Particle Removal by Horizontal-Flow Roughing Filtration. – *Aqua.*– N 2. – 1987.

73. Muchlis, Wati Asriningsih Pranoto, Tri Suyon. – Concept of sediment filtration intake design for raw water drinking water. – IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2018.

74. Pirestani, M.R., Vosoghifar, H.R., and Jazayeri, P., (2011). Evaluation of Optimum Performance of Lateral Intakes. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 80: 369-3.

## Приложение А

### Результаты химического анализа воды



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук

Институт экологии Волжского бассейна Российской академии наук - филиал  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского  
Федерального исследовательского центра Российской академии наук  
(ИЭВБ РАН - филиал СамНЦ РАН)

Коммуна ул., д.10, г. Тольятти, Самарская область, 445903 тел.(8482) 48-99-77, 48-92-00

e-mail: [levobas2005@mail.ru](mailto:levobas2005@mail.ru), сайт: [www.levbas.ru](http://www.levbas.ru)

ОКПО 40845813, ОГРН 1036300448898, ИНН/КПП 631603212/632443001

#### Справка

14.07.2021г., были предоставлены 2 пробы воды для проведения химического анализа на показатели: мутность и хлорофилл. Результаты анализа представлены в таблице.

Показатели	Размерность	1 проба	2 проба
Мутность	мг/дм <sup>3</sup>	2,1	2,0
Хлорофилл «а»	мкг · дм <sup>-3</sup>	5,06	4,85
Хлорофилл «б»	мкг · дм <sup>-3</sup>	0,04	н/о
Хлорофилл «с»	мкг · дм <sup>-3</sup>	1,54	1,49

Главный научный сотрудник  
лаб. МВО д. т. н., профессор

Селезнев В.А.

