

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

**Совершенствование технологий отчистки воды для сезонных  
бассейнов на приусадебных участках Самарской области**

Обучающийся

**О.А. Гаврилов**

(инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

**канд. техн. наук, доцент, М.Н. Кучеренко**

руководитель

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

Тольятти 2022

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1 Обзор систем очистки воды бассейнов.....	6
1.1 Классификация бассейнов.....	6
1.2 Требования, предъявляемые к очистке воды бассейнов.....	12
1.3 Сетчатые фильтры для бассейнов.....	15
1.4 Коагуляция (введение флокулянта) воды в бассейне.....	17
1.5 Фильтрация воды в бассейне.....	18
1.5.1 Песочный фильтр.....	19
1.5.2 Многослойный фильтр.....	21
1.5.3 Диатомитовый фильтр.....	22
1.5.4 Кассетные фильтры.....	22
1.6 Дезинфекция бассейнов.....	25
1.6.1 Хлорирование.....	25
1.6.2 Озонирование.....	26
1.6.4 Ультрафиолетовая обработка воды и катионирование.....	31
Глава 2 Анализ недостатков существующих технологий очистки воды для сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области.....	34
Глава 3 Разработка конструкции песочного фильтра для сезонного бассейна.....	40
3.1 Описание конструкции песочного фильтра.....	40
3.2 Методика расчета фильтра.....	44
3.3 Оценка поступления загрязнений воды сезонных бассейнов при наполнении из Волги в Самарской области.....	45
3.4 Экспериментальные исследования песочного фильтра.....	49
Заключение.....	63
Список используемых источников.....	65

## Введение

### **Актуальность и научная значимость настоящего исследования.**

В последнее время наметилась тенденция массовой миграции населения из городов на приусадебные участки, дачи, в сельскую местность для сезонного или круглогодичного проживания. Одним из элементов современного приусадебного участка превращающих его в свой личный курорт является не дорогой каркасный бассейн. Существенным образом продлить период эксплуатации бассейнов на приусадебных участках, можно применяя искусственный подогрев воды. Эксплуатация бассейнов с подогревом увеличивает скорость биопроцессов (размножение бактерий и водорослей для которых теплая вода становится благоприятной питательной средой).

Активная эксплуатация быстровозводимых сезонных бассейнов, особенно с подогревом, выявила ряд серьезных проблем, одной из которых является поддержание необходимого качества воды. Использование существующих систем очистки сдерживается колоссальной стоимостью, которую рядовые граждане позволить себе не могут.

Ввиду большого количества факторов, влияющих на качество воды, подбор необходимого оборудования технологии очистки воды в бассейне для рядового гражданина представляет сложность. Изучение вопроса очистки воды для использования сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области с последующей выработкой рекомендаций представляет актуальную задачу. Основным направлением совершенствования технологий очистки воды для сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области является разработка простого и недорогого в создании и обслуживании фильтра.

**Объект исследования:** технология очистки воды (фильтр) для подогрева сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области.

**Предмет исследования:** Уменьшение стоимости (совершенствование) технологии отчистки воды, увеличения срока эксплуатации фильтра для сезонного бассейна на приусадебных участках Самарской области.

**Цель исследования:** является разработка и апробация технологических решений отчистки воды сезонного бассейна, а также изготовление и исследование опытного образца системы фильтрации сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области.

**Гипотеза исследования** состоит в том, что предложенная конструкция песчаного фильтра для сезонных бассейнов в эксплуатации будет дешевле существующих картрижных фильтров.

**Для реализации цели необходимо решить следующие задачи:**

1. Обзор существующих систем очистки воды бассейнов.
2. Анализ существующих систем очистки воды сезонных бассейнов на приусадебных хозяйствах Самарской области Российской Федерации
2. Изготовление и натурное исследование опытного образца системы фильтрации сезонных бассейнов и анализ полученных результатов.

**Методы исследования:**

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

**Научная новизна исследования заключается в:**

Уменьшение стоимости (совершенствование) и обоснование технологии отчистки воды сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области.

**Практическая значимость работы** заключается в уменьшение стоимости технологии отчистки воды при эксплуатации сезонного бассейна на приусадебных участках Самарской области.

**Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в** обосновании темы, цели, задач, разработке, изготовлении и апробации опытного образца механического фильтра воды для сезонных

бассейнов оригинальной конструкции на приусадебных участках Самарской области.

**Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования.** Его результаты докладывались на следующих конференциях:

– Всероссийская студенческая научно-практическая междисциплинарная конференция «Молодежь. Наука. Общество», Тольятти, 2021. Выступление с докладом «Основные недостатки существующих технологий очистки воды для сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области».

– Научно-практическая конференция: «Дни науки ТГУ», Тольятти, 2022. Выступление с докладом «Технологическая схема очистки воды для сезонных бассейнов на приусадебных участках самарской области».

**На защиту выносятся:**

Конструкция механического фильтра воды каркасного сезонного бассейна при заполнении его из поверхностных водоемов Самарской области.

**Структура магистерской диссертации.**

Работа состоит из введения, 3 глав, заключения, содержит 48 рисунков, 6 таблиц, список использованной литературы (39 источников). Основной текст работы изложен на 71 странице.

# Глава 1 Обзор систем очистки воды бассейнов

## 1.1 Классификация бассейнов

Плавательный бассейн – это гидротехническое сооружение, предназначенное для занятий водными видами спорта, такими как плавание, прыжки в воду, подводный спорт, водное поло, подводное регби, синхронное плавание и прочие.

«Древние греки и римляне строили искусственные бассейны для спортивных тренировок в палестрах, для морских игр и военных учений. У римских императоров были частные плавательные бассейны, в которых также содержалась рыба, поэтому одним из латинских названий бассейна было *piscina* («рыбный пруд»). Бассейны стали популярными в Британии в середине 19 века. В 1939 году Оксфорд создал свой первый крупный общественный крытый бассейн в Темпл Коули. После Второй мировой войны стали популярными домашние плавательные бассейны» [12].

По виду бассейны делятся на:

- Закрытые (рисунок 1).
- Открытые (рисунок 2).



Рисунок. 1 – Закрытый бассейн



Рисунок. 2 – Открытый бассейн в Самаре

По времени эксплуатации бассейны делятся на:

- Летние (сезонные) (рисунок 3).
- Круглогодичные.



Рисунок 3 – Сезонный бассейн на даче в Самарской области

Бассейны бывают широкопрофильные и специализированные.

В свою очередь специализированные бассейны можно классифицировать на:

- детские
- прыжковые
- купальные
- для специальных надводных, водных и подводных тренировок.

«По назначению бассейны классифицируют на:

– Спортивные бассейны (предназначены для учебно-тренировочной работы, проведения соревнований, для занятий спортивных секций и организованного оздоровительного плавания).

– Купальные бассейны (преследуют главным образом оздоровительные цели, связанные с обслуживанием неорганизованных разовых посетителей).

– Учебные бассейны (используются как для приобщения к воде, обучения плаванию, массового купания, так и для проведения специальных (профессиональных) тренировок на воде или под водой).

– Смешанные (комбинированные) бассейны (представляют собой либо объединение в одном комплексе купальни и ванн для спортивного или учебного плавания, либо включение в акваторию купального бассейна участков для учебно-тренировочной работы и обучения)» [12].

Бассейны могут быть расположены на естественных водохранилищах. Обычно это простые конструкции, в которых ходовые мосты устанавливаются на сваи или понтоны для защиты части водной поверхности. Этот «тип бассейна является сезонной конструкцией из-за краткости летнего сезона, нестабильности метеорологических условий, сбоев в соревнованиях, которые крайне ограничивают возможности его эксплуатации. Поэтому они в основном используются для массового купания, прохождения стандартов физической культуры и спорта, а также для тренировок по плаванию.



Искусственные (самонивелирующиеся) бассейны имеют много преимуществ по сравнению с бассейнами на естественных водоемах. Прежде всего, они обладают более высокой гигиенической и гигиенической культурой и стабильностью эксплуатации, регулируют качество и температуру воды. Кроме того, независимость от погодных условий обеспечивает вашу круглогодичную работу, что особенно важно из-за увеличения интенсивности спортивных нагрузок и многих часов ежедневных тренировок в течение года» [14].

По материалам ванны бассейны классифицируют на:

- Стекловолоконные или композитные (рисунок 4).



Рисунок 4 – Сезонный открытый композитный бассейн

- Бассейны с бетонной чашей (рисунок 5).



Рисунок 5 – Сезонный открытый бассейн с бетонной чашей

– Полипропиленовые (рисунок 6).



Рисунок 6 – Сезонный открытый полипропиленовый бассейн

– Стальные (рисунок 7).



Рисунок 7 – Круглогодичный закрытый стальной бассейн

– Пленка ПВХ (рисунок 8).



Рисунок 8 – Сезонный открытый бетонный бассейн

«По способу циркуляции воды бассейны классифицируют на:

– Переливной бассейн см. рисунок 7 (вода находится на одном уровне с бортом, а забор воды из бассейна осуществляется через переливную решётку по периметру бассейна).

– Скиммерный см. рисунок 8 (отличается от переливного тем, что уровень воды находится ниже уровня борта и специальный насос забирает воду из бассейна через специальные окна в стенках бассейна, называемых скиммерами)» [13].

## **1.2 Требования, предъявляемые к очистке воды бассейнов**

Для классических общественных плавательных бассейнов и аквапарков с 01 января 2021 года введены в действие новые санитарные правила по плавательным бассейнам, которые отменяют собой ранее действовавший СанПиН 2.1.2.1188-03 «Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества» и СанПиН 2.1.2.1331-03 «Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды аквапарков».

Новые Санитарные правила СП 2.1.3678-20 распространяются на организации, осуществляющие продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг – и в том числе на общественные плавательные бассейны и аквапарки. Помимо отмененных СанПиН специалисты бассейновой отрасли активно пользуются еще двумя документами [9, 10, 27]:

– ГОСТ Р 53491.1-2009 Бассейны. Подготовка воды. Часть 1. Общие требования;

– ГОСТ Р 53491.2-2012 Бассейны. Подготовка воды. Часть 2. Требования безопасности.

«Согласно приведённым в докладе Всемирной организации здравоохранения данным, в 2007 году 1,1 млрд человек не имеют доступа к улучшенным источникам водоснабжения, из 4 млрд случаев диареи – 88%

вызваны использованием небезопасной воды, а также неадекватной санитарией и гигиеной. Кроме того, по данным экспертов ВОЗ ежегодно 1,8 млн человек умирают от диарейных заболеваний, из них в 94% случаев развитие диареи можно предотвратить путём изменения условий окружающей среды, включая доступ населения к безопасной (очищенной и подготовленной) воде» [3]. «Использование относительно простых методов очистки и подготовки питьевой воды для бытовых нужд, например, хлорирования, применение фильтров для воды, дезинфекция УФО, а также хранение запасов питьевой воды в безопасных ёмкостях могло бы ежегодно спасти огромное количество человеческих жизней» [25, 26]. Поэтому не допустимо относиться с пренебрежением к качеству воды в бассейне.

Выбор схемы систем очистки воды в бассейне зависят в прежнюю очередь от состава воды и технологических задач, которые перед ними ставятся, но в целом технологическая линия водоподготовки должна обеспечивать уничтожение и удаление микробов, вирусов, патогенных микроорганизмов и остальных загрязняющих веществ, находящихся в воде.

В технологические задачи систем очистки воды в бассейне входят:

- Непосредственная очистка воды – сочетанием способов коагуляции, фильтрования, окисления (хлорирования, озонирования).
- Дезинфекцию - способом хлорирования в сочетании, как правило, с озонированием или обеззараживанием ультрафиолетовым (УФ) излучением.
- Кондиционирование - регулирование водородного показателя (рН) методом добавления химреагентов, понижающих/повышающих рН воды в бассейне.
- Нагрев и поддержание требуемой температуры воды бассейна.
- Дополнительную доочистку методом сорбционного фильтрования, а также, при необходимости, корректировку химического состава (жесткости, щелочности и т.п.) воды бассейна.

Вне зависимости от принятой системы водоснабжения при заполнении или подпитке бассейна вода должна соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к качеству питьевой воды.

Максимальные показатели воды при заполнении или подпитке бассейна без предварительной очистки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Максимальные показатели подпиточной воды

Критерий	Показатель
Цветность	15°
Жесткость общая	7,0 мг-экв/л
Железо	0,3 мг/л
Марганец	0,1 мг/л
Аммоний	2,0 мг/л
Полифосфат остаточный	3,5 мг/л

Качество воды в самой ванне бассейна приведено в таблице 2. Для соблюдения этих условий качество поступающей в ванну бассейна подготовленной воды, следует поддерживать в пределах, приведенных в таблице 3.

Таблица 2 – Технологические нормативы качества воды в ванне бассейна

Наименование показателя	Норматив
Водородный показатель рН, единицы рН	7,2-7,6
Окислительно-восстановительный потенциал, мВ	750-780
Жесткость общая, мг-экв/л, не более	5,0
Окисляемость перманганатная (превышение над исходной), мг O <sub>2</sub> /л	0,5-1,0
Железо общее, мг/л, не более	0,3
Прозрачность	Безупречный просмотр всего дна бассейна
Сульфаты, мг/л, не более	500
Хлориды, мг/л, не более	350
Нитраты, мг/л, не более	40
Связанный хлор, мг/л, не более	0,8
Озон	Отсутствие
Остаточная массовая концентрация добавляемых реагентов, мг/л, не более	ПДК

Таблица 3 – Требования к подготовленной воде

Наименование показателя	Единица измерения	Значение показателя в подготовленной воде	
		Не менее	Не более
Мутность	мг/л	0,2	0,5
Цветность	градусы	0°	5°
Водородный показатель рН	единицы рН	7,2	7,6
Нитраты (превышение над концентрацией в исходной воде)	мг/л	0	20,0
Перманганатная окисляемость (превышение над величиной в исходной воде) как O <sub>2</sub>	мг/л	0	0,2
Окислительно-восстановительный потенциал, по отношению к Ag/AgCl; 3,5 М КСl	мВ	750	780
Свободный хлор в ванне:			
– все бассейны;	мг/л	0,3	0,5
– бассейны для ходьбы, контрастные бассейны, проходные ножные ванны;	мг/л	0,3	0,6
– гидромассажные ванны	мг/л	0,7	1,0
Связанный хлор	мг/л	–	0,2

### 1.3 Сетчатые фильтры для бассейнов

Сетчатые фильтры, монтируют в качестве префильтров циркуляционных насосов для отделения от воды, поступающей на очистку, грубых механических примесей. Среди специализированного оборудования включается в конструкцию насоса рисунок 9, 10 или отдельно от него рисунок 11. «Циркуляция осуществляется при помощи насоса, оборудованного фильтром предварительной очистки воды. Такой фильтр представляет собой съемную крупноячеистую корзину, задача которой – задерживать крупные частицы мусора, которые могут повредить сам насос» [32]. Например, насос AstralPool Victoria Plus с префильтром (волосоловка) для задержания грубых примесей в воде рисунок 9 или VIRON P 600 eVo рисунок 10.

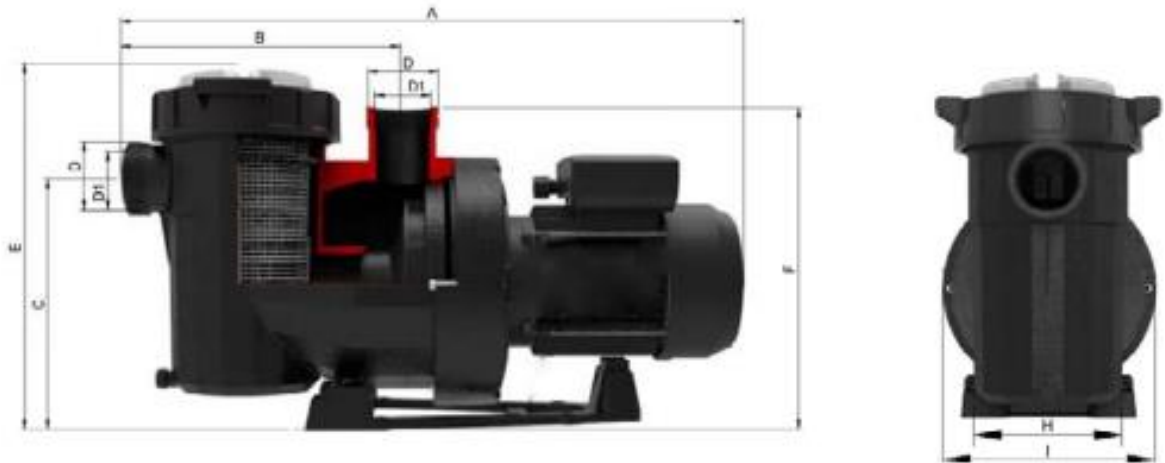


Рисунок 9 – насос AstralPool Victoria Plus с предфильтром



Рисунок 10 – насос AstralPool VIRON P 600 eVo



Рисунок 11 – Фильтр FF06 AA Honeywell



## 1.4 Коагуляция (введение флокулянта) воды в бассейне

Введение коагулянта (флокулянта) осуществляется для повышения эффективности очистки воды при фильтровании в насыпном фильтре. Добавление коагулянта в автоматическом режиме в воду бассейна позволяет загрязностям в воде собираться в хлопья и оседать в песке фильтров бассейна. Для того чтобы содержать бассейн в должном состоянии, необходимо использовать соответствующее оборудование для дезинфекции воды. Одним из наиболее часто используемых приспособлений являются станции коагулирования.

Подача коагулянта может корректироваться в зависимости от физикохимических и органолептических показателей воды в бассейне. На трубопроводе после насосов, перед фильтрами обычно устанавливают пункт автоматического ввода коагулянта. Насос способен вводить любые из растворимых коагулирующих соединений. Инжектирование коагулянта происходит согласно инструкции на оборудование рисунок 12.



Рисунок 12 – Станция коагулирования LCD Kontrol Invikta Ph/Cl

## 1.5 Фильтрация воды в бассейне

Для осветления воды – удаления из нее примесей во взвешенном, коллоидном и полукolloидном состоянии – в водоподготовке бассейнов, как правило, используют осветлительные фильтры с фильтрующим слоем из кварцевого песка с песчано-гравийным поддерживающим слоем (однослойные песчаные фильтры), реже – с загрузкой из нескольких фильтрующих материалов, например, кварцевого песка и антрацита (многослойные фильтры) (рисунок 13).



Рисунок 13 – Осветлительные фильтры с фильтрующим слоем

«Фильтрация осуществляется путем пропускания воды через фильтрующий слой из инертного гранулированного материала определенной зернистости (гравий, щебень, песок, антрацит) либо через кассетный элемент из водопроницаемого материала или перфорированную корзину с мелкими ячейками, задерживающими большую часть загрязняющих веществ.

Используя дополнительные фильтрующие материалы, оказывающие на воду определенное химическое или физическое воздействие, наряду с простым механическим задерживанием твердых частиц, одновременно можно удалять из воды нежелательные (или вредные) вещества, удалять нежелательные запах и вкус» [32].

«В силу своего назначения и очевидной связи с внешней средой (особенно в случаях, когда бассейны под открытым небом) вода в бассейнах содержит мусор как макроскопический (земля, насекомые, волосы, сухие листья и пр.), так и микроскопический (бактерии и микроорганизмы, водоросли, органические вещества и т.п.)» [32].

«В бассейнах применяются три типа фильтров очистки воды:

- Песочные фильтрующая подушка заполнена песком одинаковой зернистости
- Многослойные с минералами различной зернистости, где зернистость уменьшается в направлении движения очищаемой воды
- Диатомитовые со специальным материалом
- Катриджные (кассетные) со сменными катриджами» [32].

### **1.5.1 Песочный фильтр**

Наиболее популярный - это песочный фильтр. Фильтрующая подушка определенной толщины (60–100 см и более) заполнена песком соответствующей зернистости. Песок не должен иметь глинистых включений. Зернистость используемого песка определяет величину задерживаемых частиц мусора и, соответственно, эффективность такого фильтра. Меньшая зернистость задерживает более мелкий мусор, но одновременно ведет к существенной потере давления в фильтре (рисунки 14, 15) [1, 29], [33]-[38].



Рисунок 14 – Фильтрационная установка Hayward Pro Top S144T8102



Рисунок 15 – Фильтрационная установка разрез

### 1.5.2 Многослойный фильтр

«Другой популярный фильтр для бассейнов – многослойный (двух- или трехслойный) минералов различной зернистости, где зернистость уменьшается в направлении движения очищаемой воды. Каждый более мелкий слой задерживает более мелкий мусор (рисунок 16). Например, первым слоем может быть угольный антрацит (зерно 1,5–2 мм), за ним кремнистый песок ( $\Delta$  1 мм) и, наконец, гранулят барита ( $\Delta$  0,5 мм)» [32].

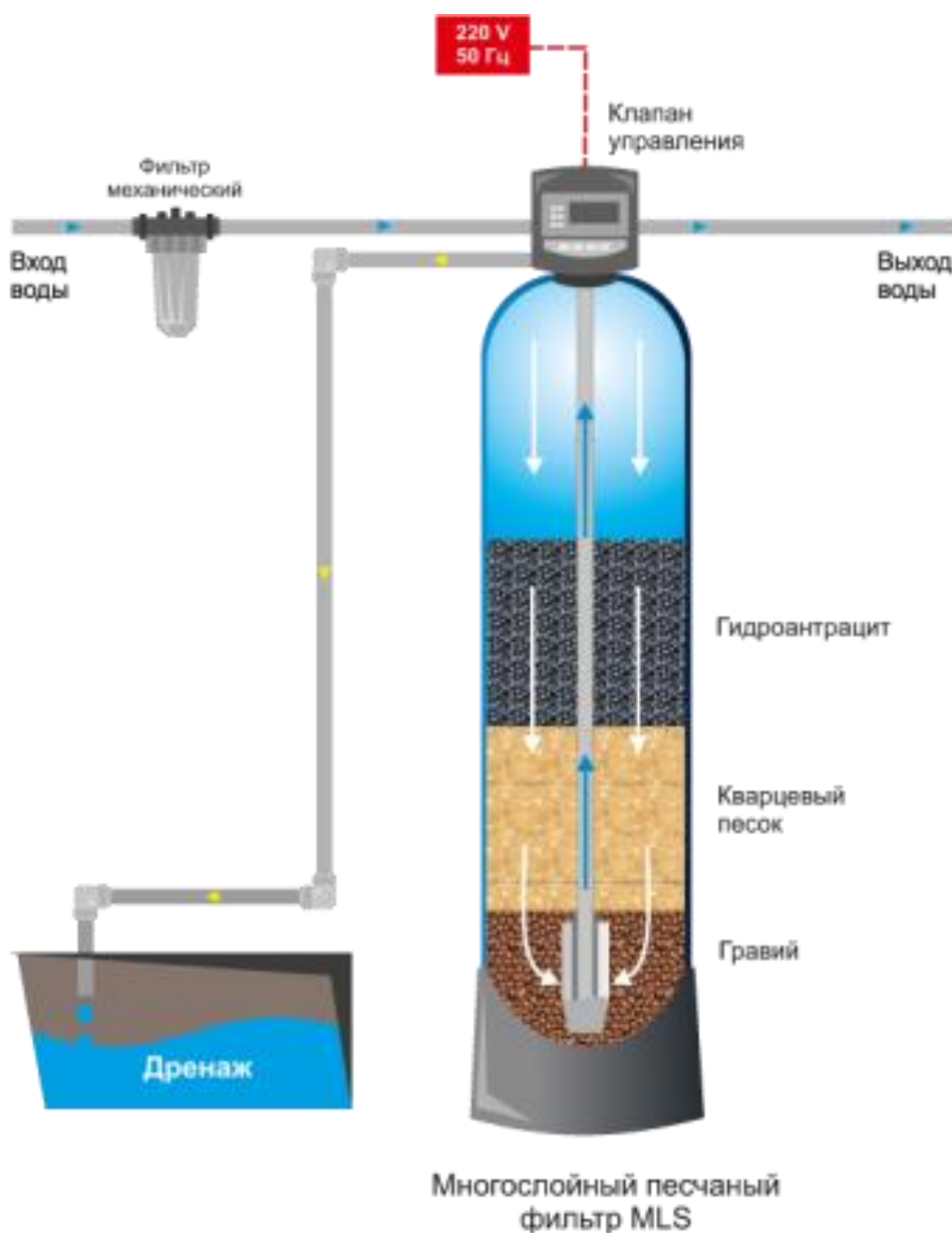


Рисунок 16 – Многослойная фильтрационная установка

### 1.5.3 Диатомитовый фильтр

«Применяется и еще один оригинальный способ фильтрации – через диатомит (инфузорную землю). См. рис.17. Материал состоит из кремнистых скелетов микроскопических ( $\Delta$  несколько микрон) одноклеточных водорослей, существующих в виде крупчатой породы белого или желтоватого цвета, которая высыпается слоем несколько миллиметров (периодически заменяется) на пористую основу большой площади» [32].



Рисунок 17 – Диатомитовый фильтр

### 1.5.4 Кассетные фильтры

В некоторых случаях с небольшими объемами бассейна применяются кассетные фильтры (рисунок 18).



Рисунок 18 – Кассетный фильтр

«Чтобы обеспечить эффективную очистку воды в бассейне, производительность фильтра должна быть пропорциональна объему воды. Эффективность очистки определяется "временем рециркуляции" или, другими словами, временем, необходимым для того, чтобы объем воды, соответствующий объему бассейна, полностью прошел через систему фильтрации.

Как правило, это время составляет 3-4 часа для общественных бассейнов и 8-10 часов для индивидуальных бассейнов. Индивидуальные пулы обычно оснащены одним фильтром, в то время как общественные пулы, по понятным причинам, имеют несколько фильтров, имеющих идентичные рабочие параметры (как минимум два, один из которых является основным рабочим, другой зарезервирован на случай отказа и на период обслуживания первого). Кроме того, должна быть предусмотрена дополнительная фильтрующая способность не менее 30% от расчетных фильтров на случай оперативной замены и непредвиденных обстоятельств» [32].

«Производительность фильтра следует регулярно проверять, так как в случае засорения производительность фильтра неизбежно снижается. Испытание проводится путем измерения потери нагрузки, вызванной постепенным накоплением осадка, с помощью манометра. Фильтр необходимо восстановить, если потеря нагрузки превышает 0,5 бар по сравнению со значением, рассчитанным для чистого фильтра. Фильтр восстанавливается (в общественных бассейнах не реже одного раза в четыре дня) путем обратной промывки накопившейся грязи (рисунок 19)» [32].

Во избежание необратимого загрязнения (кольматации) загрузки, а также развития микрофлоры в ее слое, фильтры следует промывать, когда разница давлений на входе и выходе фильтра достигает предельного значения, но не реже одного раза в неделю (угольный фильтр не реже одного раза в два недели). Процесс промывки осуществляется вручную или автоматически. Он состоит из двух этапов – обратной промывки и полоскания (уплотнения) загрузки (рисунок 19).



Рисунок 19 – Режимы работы песочного фильтра



## **1.6 Дезинфекция бассейнов**

В качестве основного средства обеззараживания воды бассейнов следует использовать хлорсодержащие реагенты, обладающие высокой и устойчивой бактерицидной активностью, обеспечивающей непрерывную дезинфекцию воды непосредственно в ванне бассейна. Ни озон, ни УФ-излучение не обладают бактерицидным последствием, поэтому их не допускается использовать в качестве самостоятельных средств обеззараживания воды бассейнов.

Озонирование и УФ-обеззараживание допускаются только в качестве дополнительных методов дезинфекции воды бассейнов, вместе с хлорированием, с целью повысить эффективность последнего и снизить количество добавляемых хлорреагентов.

### **1.6.1 Хлорирование**

Для обеззараживания воды бассейнов, оборудования, трубопроводов и материалов системы водоподготовки применяют только те хлорсодержащие реагенты, которые разрешены для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении.

Для дезинфекции воды бассейнов необходимо применять следующие реагенты:

- гипохлорит натрия марки А;
- гипохлорит натрия, получаемый методом электролиза;
- гипохлорит кальция;
- хлорную известь;
- газообразный хлор, получаемый из жидкого хлора;
- газообразный хлор, получаемый методом.

В бассейнах с циркуляционной системой водообмена не следует применять дезинфицирующие средства, не относящиеся к окислителям из-за опасности накапливания их в воде бассейна выше ПДК или ухудшения органолептических характеристик воды.

К одному из самых распространенных химических способов очистки применительно к бассейнам относят хлорирование. «Первым, кто успешно использовал хлор, был доктор Джон Сноу - человек, который представил доказательства того, что холера передается через воду для системы водоснабжения в Сохо. В статье, опубликованной в 1894 году, Морис Траубе официально предложил добавлять в воду хлорид извести (гипохлорит кальция), чтобы сделать ее свободной от микробов» [31].

### **1.6.2 Озонирование**

К одному из химических способов очистки применительно к сезонным бассейнам относят озонирование. Это современный прогрессивный метод дезинфекции, позволяющий эффективно обеззараживать воду в бассейнах. Процесс озонирования осуществляется с помощью специальных устройств - озонаторов – приборов, которые генерируют озон  $O_3$  из воздуха (рисунок 20). В небольших дозах озон не представляет никакой опасности для человека, а на бактерии и микробы действует убийственно. Благодаря озонированию удаётся качественно обеззаразить воду и сократить частоту слива и замены воды. Для нейтрализации микроорганизмов в воде требуется концентрация озона 1-3 мг/л, а для ликвидации вредоносных бактерий до 5 мг/л.



Рисунок 20 – Озонатор химической обработки воды в бассейне

Специалисты не рекомендуют монтировать устройство самостоятельно, так как это может быть небезопасно для здоровья. Мастера устанавливают необходимый уровень озона, составляют схему водонасыщения и профессионально программируют прибор.

Преимущества озонирования:

- во много раз эффективнее других методов обеззараживания – хлорирования, кварцевания и др.;
  - практически не имеет вредных побочных эффектов (в отличие от хлорирования);
  - улучшает физические и органолептические показатели воды;
  - придает воде прозрачность и голубоватый оттенок – как в горных реках в солнечную погоду;
  - удаляет все примеси и биозагрязнения без применения дополнительных средств;
  - предотвращает образование слизистого налета на стенках бассейна и внутренних поверхностях водопроводных труб, увеличивает срок их службы;
  - воздействует на грибковые споры, вирусы и бактерии, не реагирующие на хлор;
  - отсутствуют неприятные запахи;
  - вам не придется беспокоиться о расстройстве желудка, если вы случайно проглотите воду.
- Недостатки озонирования:
- на работу озонаторов влияет влажность окружающего бассейн воздуха;
  - для этого необходимо использовать специальное оборудование;
  - озон – мощный окислитель, негативно влияющий на металлопродукцию и ряд полимеров;
  - высокая стоимость моделей, предназначенных для установки в стационарных бассейнах;

- сложность монтажа и настройки установки на месте применения;
- высокое энергопотребление;
- озон разлагается за полчаса;
- в повышенных количествах опасен, иногда даже смертелен для человека.

Примеры озонаторов различных производителей показаны на рисунках 21–24.



Рисунок 21 – Озонатор Prozone PZ24



Рисунок 22 – Озонатор Озон-20ткд



Рисунок 23 – Озонатор Ozomat SB



Рисунок 24 – Озонатор ОЗО-В3 (OZO-W3)

Особенный интерес для небольших бассейнов (до 5680 л.) представляет самый дешевый хлоргенератор-озонатор Intex 26666 (рисунок 25) для каркасных и надувных бассейнов.



Рисунок 25 – Озонатор Intex 26666

Генератор хлора Intex (28666/56608) в сочетании с озонатором представляет собой комбинированный вариант обеззараживания воды в бассейне – хлорирование с озонированием. Использование этого устройства позволяет получить двойной эффект - кристально чистую воду, свободную от бактерий, грибков и водорослей. Рекомендуется для круглых бассейнов диаметром 488 см и более. Для работы генератора хлора с озонатором требуется фильтрующий насос производительностью от 5678 до 15140 литров в час.

Характеристики генератора хлора:

- Дезинфицирует, смягчает воду в вашем бассейне, помогает справиться с водорослями и бактериями (хлорирование - 11 г/час, озонирование - 150 мг/час).
- Для работы требуется пищевая соль (приобретается отдельно).

- Удобная сенсорная панель управления.
- Производительность определяется возможностями используемой модели фильтрующего насоса.
- Напряжение - 220В.
- Потребляемая мощность: 160 Вт.
- Диаметр отверстия для подсоединения шлангов: 38 мм.

Этот генератор хлора предназначен для использования в сочетании с фильтрующим насосом, который поставляется вместе с бассейном или приобретается отдельно. Производительность фильтрующего насоса должна составлять более 5678 литров в час.

Принцип работы системы очистки:

Во время реакции электролиза из соли выделяются ионы хлора, которые быстро, надежно и безопасно обеззараживают воду. При использовании генератора хлора вода в бассейне становится чистой и прозрачной, без запаха и абсолютно безопасной для кожи и слизистых оболочек глаз.

Поскольку соль не испаряется из воды, процесс очистки автоматически повторяется каждый день во время работы устройства. Во время использования генератора хлора соль будет медленно разрушаться, выделяя хлор, и когда устройство определит, что концентрация соли снизилась для получения хлора, на его экране появится уведомление. Это напомнит вам, что необходимо добавить соль. Из-за высокой стоимости и негативного воздействия на полимеры для сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области такие установки применяются редко.

#### **1.6.4 Ультрафиолетовая обработка воды и катионирование**

Очистка воды ультрафиолетом. Это процесс воздействия электромагнитными волнами ультрафиолетового спектра на воду с целью подавления жизнедеятельности микроорганизмов. Действие волн в ограниченном диапазоне от 205 до 315 нм является губительным для подавляющего числа микроорганизмов, и очищает от них воду. Этот процесс относится к числу физических методов обеззараживания воды (рисунок 25).



Рисунок 25 – Ультрафиолетовое обработка воды

Ионообменные смолы для удаления из воды солей жесткости, растворенных металлов и органических соединений уже более 50 лет используют иониты (рисунок 26).



Рисунок 26 – Ионообменные смолы



Процесс удаления растворенных солей и металлов на ионообменных смолах называется умягчением (катионированием).

#### Вывод по первой главе

Изучение вопроса применения сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области выявило, что согласно приведенной классификации доминирующее большинство бассейнов можно отнести к открытым, сезонным, купальным (в основном детским) каркасным бассейнам из пленки ПВХ с циркуляцией воды через скриммер см. рисунок 8. Это связано с относительно невысокой ценой и уровнем жизни населения Самарской области.

## **Глава 2 Анализ недостатков существующих технологий очистки воды для сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области**

В последнее время наметилась устойчивая тенденция массовой миграции населения из городов на приусадебные участки, дачи, в сельскую местность для сезонного или круглогодичного проживания. Это связано с тем, что люди, потеряв надежду получать качественную медицинскую помощь, стали больше внимания уделять своему здоровью, экологии и питанию. С развитием цифровых технологий появились профессии, позволяющие работать удаленно (через Интернет), что делает не обязательной локализацию внутри города. Современные строительные и инженерные технологии позволяют относительно не дорого организовать приемлемые условия жизни в практически любом месте, где есть минимальная инфраструктура (дорога, электричество, вода). Ограничения свобод, связанных с пандемией вируса Covid 19, также способствовало оттоку населения на дачи.

Одним из элементов современного приусадебного участка превращающих его в свой личный курорт является бассейн. Бассейн – это не только спасение от жары и весёлый аттракцион для всей семьи, но и залог бодрости, здоровья, хорошего настроения. Даже самая простенькая надувная модель вносит в повседневную жизнь нотку роскоши, а уж полноценный водоём с аккуратной плиткой и чистой голубой водой тянет на главное украшение участка. Активное применение на этих участках быстро возводимых сезонных бассейнов, эксплуатация которых выявила ряд серьезных проблем, одной из которых является поддержание необходимого качества воды.

На текущий момент времени при эксплуатации большинства сезонных бассейнов отсутствует профессиональный гигиенический контроль качества воды. Очистка и обеззараживание осуществляется владельцами на глаз сомнительными препаратами и оборудованием. А между тем, подготовка воды

– это целая отрасль и важнейшая составляющая безопасности жизнедеятельности. При дополнительном подогреве воды солнечной энергией [14, 15, 27] скорость эфтрофикация бассейна возрастает.

Рассмотрим применяемые технологии отчистки воды для сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области и постараемся выявить их основные недостатки.

С точки зрения технологии, принято различать два вида очистки - обработка воды и очистка самой чаши (поверхностей, днища и бортиков), в рамках работы остановимся на очистке воды. Наиболее распространены химическая и механическая очистка или, для получения максимального эффекта, используются обе технологии. В целом существуют биологические методы очистки, но применительно к сезонным бассейнам исключим их из рассмотрения.

Существует масса специализированных и комплексных составов, предназначенных для дезинфекции, удаления органики, микрофлоры, органических взвесей, растворенного в воде железа и хлора. Эти препараты вносят в чашу разными способами — подают в циркуляционную систему, или помещают в специальный поплавок с отверстиями (рисунок 27).



Рисунок 27 – Поплавок-дозатор с термометром Intex предназначен для регулируемого растворения хлорных таблеток

Среди комплексных химических составов можно отметить такие как:

- Продукция российской компании Маркопул Кемиклс – Мультиэкт 5 в 1 (рисунок 28, а). Это комплексный препарат на хлорной основе.
- Химия под брендом НТН американской компании Innovative Water Care - НТН Maxitab 5 в 1 (рисунок 28, б). в форме таблеток.
- Многофункциональные таблетки, выпущенные российской фирмой МАК (см. рисунок 28, в).



а – Мультиэкт 5 в 1; б – НТН Maxitab 5 в 1; в – многофункциональные таблетки МАК

Рисунок 28 – Препараты для химической обработки воды в бассейне

Также в домашних условиях в случае отсутствия стандартных составов используют так называемые народные средства очистки воды (зеленка, белизна, перекись водорода).

Из представленных в таблице 5 данных становится понятно, что есть достойные российские более дешевые аналоги хим. препаратов для бассейна.

Таблица 5 – Сравнение химических средств для борьбы с водорослями

Свойства	НТН	Маркопул Кемиклс	Дезавид
Средства против борьбы с водорослями			
Состав	Хлорид четверичного аммония в полимеризованной форме	Смесь катионных ПАВ	Четвертичные аммониевые соединения, краситель, вода
Наличие сульфата меди	Нет	Нет	Нет
Уровень рН	Нейтральный	Нейтральный	Нейтральный
Пенообразование	Нет	Нет	Да
Расход для текущей обработки бассейна	100 мл/10 м <sup>3</sup>	50 мл/10 м <sup>3</sup>	50 мл/10 м <sup>3</sup>
Расход для «шоковой» обработки	400 мл/10 м <sup>3</sup>	250 мл/10 м <sup>3</sup>	150 мл/10 м <sup>3</sup>
Страна производства	Франция	Россия	Россия

Есть мнение, что химическая обработка безопасна для живого человека, если не превышать концентрацию и соблюдать рекомендованную дозировку. Перед использованием предлагается как-то определить, нет ли у пользователей аллергии на действующее вещество выбранного препарата.

С точки зрения современного профессионального подхода к очистке воды бесконтрольное добавление хим. реагентов в бассейн неприемлемо. Тем более что при подогреве бассейна ускоряются биопроцессы (размножение бактерий и водорослей для которых вода становится благоприятной питательной средой), поэтому необходим постоянный контроль состояния воды. К сожалению, такое оборудование может себе позволить не каждый и, наиболее продвинутые пользователи применяют тоже не дешевые экспресс тесты (в виде бумажных полосок), а остальные надеются на органолептику

(метод определения показателей качества воды на основе анализа восприятий органов чувств: зрения, обоняния, осязания, вкуса).

Озонирование метод, который из-за высокой стоимости и негативного воздействия на полимеры для сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области применяется редко.

Расчет типа, концентрации и количества химии для очистки воды в бассейне зависит от большого количества меняющихся во времени факторов и для обычного жителя, без проведения анализов, не выполним, поэтому изучение вопроса очистки воды в сезонных бассейнах на приусадебных участках Самарской области с последующей выработкой рекомендаций представляет актуальную задачу [30].

Механическая очистка.

Применительно к сезонным бассейнам для механической очистки получили широкое распространение относительно не дорогие, совмещенные с насосом фильтры со сменным картриджем, которые зачастую идут в комплекте с бассейном (рисунок 29).



*а* – фильтр насос со сменным картриджем; *б* – моноблок Д.400 мм, 6 м<sup>3</sup>/час (фильтр КР400 + насос STP50) Pool King

Рисунок 29 – Фильтры бассейнов

Фильтрационные установки считаются наиболее безопасными. Они не добавляют в воду никаких примесей и не создают угрозу для аллергиков или людей с повышенной чувствительностью кожи.

Опыт эксплуатации таких систем в Самарской области показал, что полностью отказаться от химических составов, используя только предлагаемые фильтры со сменным картриджем, невозможно. Картриджи этих фильтров полностью колюматируют (забиваются) в течение короткого времени (от 4 часов до 3 суток в зависимости от разных факторов). Применение более серьезных установок (например, с песчаной загрузкой рис. 4) не получило широкого распространения из-за высокой стоимости, хотя конструктивно ничего сложного в нем нет.

Для эксплуатации сезонных бассейнов в Самарской области необходима разработка простого и недорогого в создании и обслуживании фильтра механической очистки воды.

#### Выводы по второй главе

Основные недостатки существующих технологий очистки воды для сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области:

- При эксплуатации большинства сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области отсутствует гигиенический контроль качества воды.
- Очистка и обеззараживание осуществляется владельцами на глаз сомнительными препаратами и оборудованием.
- Бесконтрольное добавление хим. реагентов в бассейн создает угрозу здоровью для аллергиков или людей с повышенной чувствительностью кожи.
- Картриджи существующих приемлемых по цене механических фильтров полностью колюматируют в течение короткого времени.
- Эксплуатация бассейнов с подогревом увеличивает скорость биопроцессов (размножение бактерий и водорослей для которых теплая вода становится благоприятной питательной средой).
- Для эксплуатации сезонных бассейнов в Самарской области необходима разработка простого и недорогого в создании и обслуживании фильтра механической очистки воды.

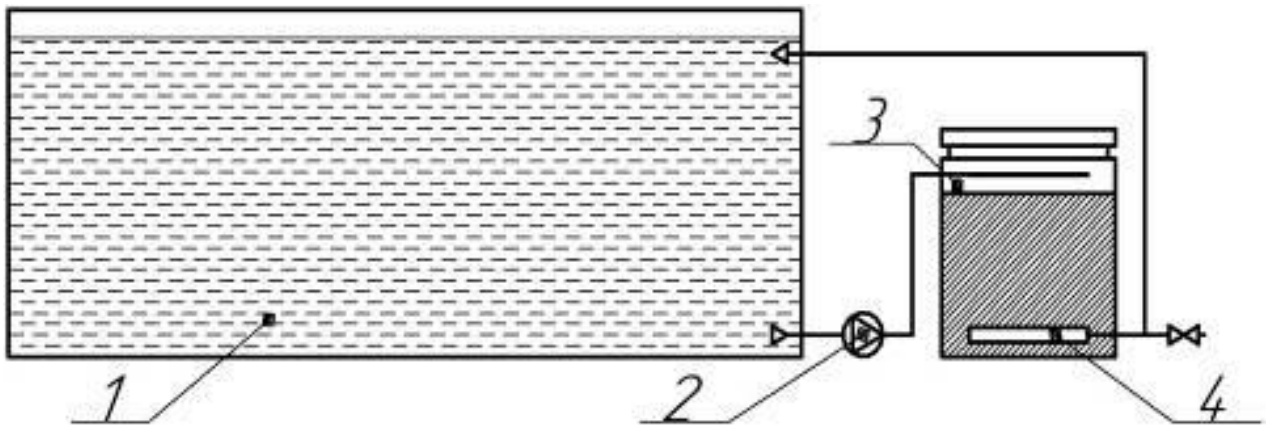
## **Глава 3 Разработка конструкции песочного фильтра для сезонного бассейна**

### **3.1 Описание конструкции песочного фильтра**

Конструктивно дешевые сборно-разборные сезонные бассейны состоят из чаши-пакета из специального особо прочного многослойного ПВХ и каркаса. Каркас представляет собой конструкцию из металлических листов или из металлических стержней. Такие бассейны, как правило, не имеют переливной емкости и сложные системы очистки. Опыт эксплуатации сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области показал, что предлагаемые в комплекте с бассейнами фильтры со сменным картриджем со своей задачей не справляются (картриджи этих фильтров полностью кольматируются (забиваются) в течение короткого времени). Предлагается применять для очистки бассейна емкостью 10 м<sup>3</sup>, простой в изготовлении осветительный однослойный фильтр на 60 литров. Фильтр выполненный из пластикового резервуара заполненный кварцевым песком, определенной крупности зерен (рисунок 30). Он представляет собой полипропиленовую емкость (рисунок 31), в которую поступает вода из ванны бассейна для последующей очистки, и вода из хозяйственно-питьевого водопровода для заполнения и подпитки системы. Емкость оборудована стеновыми проходами для присоединения трубопроводов, в том числе подпитки и слива.

Исключить попадание песка в бассейн помогает специальная щелевая труба (рисунок 32) выполненная путем навивки проволоки треугольного сечения из нержавеющей стали [24].





1 – чаша из специального особо прочного многослойного ПВХ, 2 – насос циркуляционный, 3 – пластиковый резервуар заполненный кварцевым песком, 4 – щелевая труба

Рисунок 30 – Технологическая схема очистки воды сезонного бассейна



Рисунок 31 – Пластиковый резервуар на 60 литров для изготовления фильтра



Рисунок 32 – Специальная щелевая труба

Песочный фильтр выполнен в соответствии с рекомендациями ОСТ 24.271.24 – 74 представляет из себя емкость с песком. Особый интерес подача воды сверху емкости для меньшего взбаломучивания загрузки (рисунок 33).

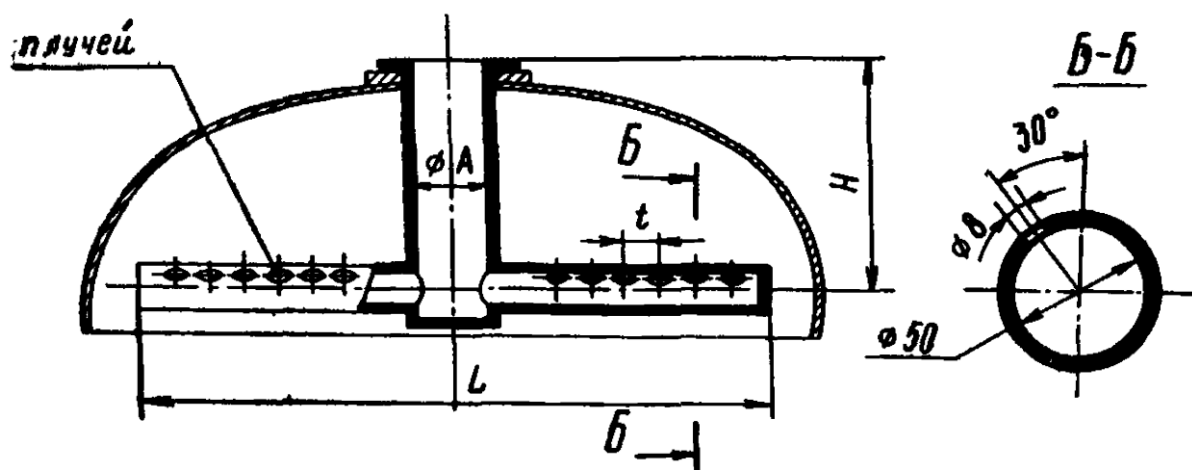


Рисунок 33 – Верхнее распределительное устройство

Верхнее распределительное устройство исследуемого песчаного фильтра выполнено из тройника для ПНД трубы (рисунок 34)



Рисунок 34 – Верхнее распределительное устройство исследуемого песчаного фильтра

Для механической очистки дна и стен ванны бассейна от загрязнений применяется донный «пылесос». Представляет собой шланг, штангу и щетку. Присоединяется через специальное отверстие – пылесосную форсунку, расположенную в стене чаши бассейна. Забор загрязнений происходит с помощью циркуляционного насоса. Загрязненная вода при работе донного «пылесоса» подается на фильтрацию или сбрасывается в канализацию с обязательным разрывом струи.

Предложенная конструкция фильтра предположительно имеет низкую стоимость, как в изготовлении, так и при эксплуатации, однако не отменяет необходимость внесения комплекса химических реагентов для достижения необходимого качества воды [20]-[23]. В случае набора воды непосредственно из рек Самарской области и применения дополнительного нагрева [12, 13, 18] особенное внимание необходимо уделять наличию в ней фтора и микроорганики [32].

Для определения потерь давления, а также, степени очистки предложенной конструкции фильтра необходимы натурные испытания.

### 3.2 Методика расчета фильтра

Фильтры проектируют в соответствии с рекомендациями СП 31.13330.2021 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

Фильтры и их коммуникации должны быть рассчитаны на работу при нормальном и форсированном (часть фильтров находится в ремонте) режимах работы. Для загрузки фильтров следует применять кварцевый песок, дробленый антрацит и керамзит.

Скорости фильтрования при нормальном и форсированных режимах при отсутствии технологических изысканий принимают от 10 до 25 м/ч с учетом обеспечения продолжительности работы фильтров между промывками не менее: при нормальном режиме – 8–12 ч, при форсированном или полной автоматизации промывки фильтров – 6 ч.

Расчетную площадь фильтров определяют по формуле

$$F_{\phi} = \frac{Q}{T_{\text{ст}} \cdot V_{\text{н}} - n_{\text{пр}} \cdot q_{\text{пр}} - n_{\text{пр}} \cdot \tau_{\text{пр}} \cdot V_{\text{н}}}; \quad (1)$$

где  $Q$  – полезная производительность, м<sup>3</sup>/сут;

$T_{\text{ст}}$  – продолжительность работы станции в течение суток, ч;

$V_{\text{н}}$  – расчетная скорость фильтрования при нормальном режиме, м<sup>3</sup>/ч;

$n_{\text{пр}}$  – число промывок одного фильтра в сутки при нормальном режиме эксплуатации;

$q_{\text{пр}}$  – удельный расход воды на одну промывку одного фильтра, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>;

$\tau_{\text{пр}}$  – время простоя фильтра в связи с промывкой, принимаемое для фильтров, промываемых водой.

Удельный расход воды на одну промывку одного фильтра  $q_{\text{пр}}$  находят по формуле

$$q_{\text{пр}} = 0,06 \cdot \omega \cdot \tau ; \quad (2)$$

где  $\omega$  – интенсивность промывки, л/(с·м<sup>2</sup>),  $\omega = 14 - 16$  л/(с·м<sup>2</sup>);

$\tau$  – продолжительность промывки фильтра, мин,  $\tau = 5-6$  мин.

При форсированном режиме скорости движения воды в трубопроводах (подводящем и отводящем фильтрат) должны быть не более 1,0–1,5 м/с. Промывают фильтры чистой фильтрованной водой. Расстояние между осями ответвлений трубчатых распределительных систем (дренажей) принимают 250–350 мм. На ответвлениях трубчатого дренажа с поддерживающими слоями устраивают отверстия диаметром 10–12 мм. Расстояние между осями отверстий – 150–200 мм. Общая площадь отверстий должна составлять 0,25–0,5% рабочей площади фильтра. Их следует располагать в два ряда в шахматном порядке под углом 45 град. к низу от вертикали.

### **3.3 Оценка поступления загрязнений воды сезонных бассейнов при наполнении из Волги в Самарской области**

Для определения потерь давления, а также, степени очистки предложенной конструкции фильтра необходимы натурные испытания, которое проводится на приусадебном участке на СНТ (рисунок 35). Заполнение бассейна проводится непосредственно водой из Волги через предочистку (сетчатый фильтр). «Волга – крупнейшая река Европы, имеющая важное значение в народном хозяйстве и экономике России. Бассейн реки вытянут преимущественно в меридиональном направлении и охватывает различные географические зоны и ландшафты. Это создаёт неоднородность экологических условий, которые влияют на химический состав воды и жизнь водных организмов. Эта неоднородность усиливается также под влиянием антропогенных факторов» [17].



Рисунок 35 – Начальное состояние воды в бассейне

«Куйбышевское водохранилище, шестая ступень каскада, занимает второе место в мире по площади среди речных долинных водохранилищ. Конфигурация водного зеркала весьма сложная: расширенные участки чередуются с узкими проливами, берега расчленены несколькими заливами. Наиболее значимые притоки – рр. Свияга, Кама, Черемшан и Уса. Вода в Куйбышевском водохранилище приобретает сильнощелочную реакцию,

достигая максимальных значений рН у г. Казани – 9,9 единиц рН. Значения жёсткости и концентрации основных ионов практически не изменяются, однако происходит некоторое увеличение концентрации сульфатов, по сравнению с водой Чебоксарского водохранилища. Также увеличивается содержание хлоридов – с 10 мг/дм<sup>3</sup> (в верхней части) до 22,8 мг/дм<sup>3</sup> (в замыкающем створе)» [6].

Краткая гидрохимическая характеристика воды Куйбышевского водохранилища показана на рисунке 36.

Краткая гидрохимическая характеристика воды Куйбышевского водохранилища

Показатель	Ед. измер.	Звенигово	Казань	Тетюши	Ульяновск	Тольятти
рН	ед. рН	8,3	9,9	9,0	8,3	9,2
Электропр-ть	mSm/m	31,3	34,4	28,5	29,1	30,4
Жёсткость общ.	мг-экв/дм <sup>3</sup>	3,25	3,4	3,1	2,9	3,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	91,5	97,6	94,5	106,7	109,8
Ca <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	44	47	44	43	46
Mg <sup>2+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	12,8	12,8	10,9	9,1	10,9
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	84,0	86,4	74,4	55,2	67,2
Cl <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	10,4	10,1	17,1	22,8	21,5
Fe общ.	мг/дм <sup>3</sup>	0,06	0,08	0,10	0,08	0,08
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,23	0,22	0,28	0,16	0,13
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,17	0,27	1,50	1,49	1,17
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0,04	0,04	0,03	0,08	0,04
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	2,9	2,9	0,3	0,3	0,4
Цветность	градусы	50	50	45	45	45
Перманганатная окисляемость	мгО/дм <sup>3</sup>	10,1	9,8	8,3	9,2	7,1
БПК <sub>5</sub>	мгО/дм <sup>3</sup>	1,2	4,0	7,8	7,9	7,5

Рисунок 36 – Краткая гидрохимическая характеристика воды Куйбышевского водохранилища

Для места испытания песчаного фильтра вода имеет следующие показатели [2]:

- р(Н) - 9,2 ед. рН;
- Электропроводность - 30,4 mSm/m;
- Жёсткость общая - 3,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>;
- HCO<sub>3</sub> - 109,8 мг/дм<sup>3</sup>;

- Ca<sub>2</sub> - 46 мг/дм<sup>3</sup>;
- Mg<sub>2</sub> - 10,9 мг/дм<sup>3</sup>;
- SO<sub>4</sub> 2 - 67,2 мг/дм<sup>3</sup>;
- Cl - 21,5 мг/дм<sup>3</sup>;
- Fe общ. - 0,08 мг/дм<sup>3</sup>;
- PO<sub>4</sub><sup>3</sup> - 0,13 мг/дм<sup>3</sup>;
- NH<sub>4</sub> - 1,17 мг/дм<sup>3</sup>;
- NO<sub>2</sub> - 0,04 мг/дм<sup>3</sup>;
- NO<sub>3</sub> - 0,4 мг/дм<sup>3</sup>;
- Цветность - 45 градусов;
- Перманганатная окисляемость - 7,1 мгО/дм<sup>3</sup>;
- БПК - 7,5 мгО/дм<sup>3</sup>.

Главное превышение по максимальным показателям воды:

- По р(Н) - 9,2 ед. рН, при норме 7,2-7,6;
- Цветность 45°, при норме 0-5°;
- Прозрачность - отсутствие возможности безупречного просмотра дна бассейна.

Для нормальной эксплуатации был добавлен препарат (р(Н) минус) до показателя р(Н)- 7,5 ед. рН и гипохлорит натрия марки А (Гипохлорит натрия марки А по ГОСТ11086-76, не горюч, не взрывоопасен, нестабилен, гарантийного срока хранения не имеет).

Для консервации воды в бассейне и предотвращения развития патогенной микрофлоры применяется установленная СП 2.1.3678-20 доза хлора при поддержании оптимального водородного показателя рН.

Дезинфекант – гипохлорит натрия, марки А. Расход дезинфицирующего раствора рассчитывается по СП Ориентировочный суточный расход дезинфицирующего раствора будет составлять – 0,081 л. Ориентировочный месячный (30 дней) расход будет составлять – 2,43 л. Подача



дезинфицирующего раствора производится вручную в зависимости от значения свободного (остаточного) хлора в воде, которое в свою очередь зависит от многих факторов: от физико-химических и органолептических показателей качества воды в бассейне, от загрузки бассейна, от правильной эксплуатации всей системы водоподготовки. В процессе эксплуатации системы рециркуляции воды в бассейне повышается значение рН воды, это обусловлено несколькими причинами, две из которых являются основными [5]:

- растущая концентрация щелочи в воде за счет образования гидроскида аммония  $\text{NH}_4\text{OH}$  (результат загрязнения воды продуктами– белкового обмена человека);

- за счет введения в обрабатываемую воду для обеззараживания дезинфицируемого раствора на основе гипохлорита натрия, содержащего в своем составе щелочи  $\text{NaOH}$  в готовом заводском продукте,– с массовой концентрацией щелочи до 40 г/л.

Раскисление воды производится специализированным продуктом для понижения значения рН воды до уровня 7,2-7,6.

Компенсация потерь и поддержание постоянного уровня воды в бассейне осуществляется вручную. Коагулят принят на основе полиоксихлорида алюминия «Флокулен».

### **3.4 Экспериментальные исследования песочного фильтра**

Исследование гидравлического сопротивления песочного фильтра производилось в АСИ ТГУ в центре инженерного оборудования рисунок 37.



Рисунок 37 – Исследование гидравлического сопротивления песочного фильтра

В результате исследования получены следующие данные [7, 8, 16, 28]:

– При циркуляции воды через фильтр с помощью стандартного насоса мерной емкостью замерялся объем мерным ведром, секундомером замерялось время;

- Емкость 10 литров;
- Время эксперимента №1 – 15,22 сек;
- Время эксперимента №2 – 15,29 сек;
- Время эксперимента №3 – 15,61 сек;
- Среднее время эксперимента 15,37 сек;
- Расход воды через фильтр 2,342 м<sup>3</sup>/час;
- Полный водооборот 10 кубового бассейна 4,2 часов;
- Площадь фильтра 0,145 м<sup>2</sup>;
- Скорость фильтрации составила 16,15 м/час.

Полученная скорость фильтрации удовлетворяет требованиям очистки; скорость фильтрации 24,3 м/час ( $2,342 \text{ м}^3/\text{час} : 0,145 \text{ м}^2 = 16,15 \text{ м/час}$ ), при

норме 30 м/час, что удовлетворяет требованиям и параметрам необходимым при непрерывной коагуляции.

После проведения гидравлических испытаний проводились натурные исследование песчаного фильтра при работе с каркасным бассейном на 10 кубических метров. Установка расположена в СНТ у села Переволоки самарской области рисунки 38, 39, 40, 41.



Рисунок 38 – Установка натурная (Эксперимент начало 1)



Рисунок 39 – Установка натурная (Эксперимент начало 2)



Рисунок 40 – Установка натурная состояние воды (начало циркуляции)



Рисунок 41 – Состояние загрузки начало фильтрования

В бассейн добавлены расчетное количество реагентов (см. раздел 3.2) и запущен процесс фильтрации на 9 часов (2-х кратный водообмен)

В результате дезинфекции и коагуляции вредностей вода в бассейне осветлилась до матового состояния (рисунок 42). Однако по состоянию

прозрачности видно, что процесс не завершен. Результаты дальнейшего фильтрования (еще 9 часов) приведены на рисунке 43. По результатам проверки органолептическим методом исследования видно, что вода стала полностью прозрачной. В фильтре в верхней части кварцевой загрузки образовался осадок темного цвета см. рисунки 44, 45, 46. Очистка песчаного фильтра производилась обратной промывкой с сливом воды на грунт в течении 20 мин. Конструкция фильтра полностью оправдала ожидания владельца. Ввиду небольшой скорости фильтрации сопротивление песочного фильтра небольшое и вполне допустимо использовать насос который входил в комплект каркасного бассейна.



Рисунок 42 – Установка натурная состояние воды (9 часов циркуляции)

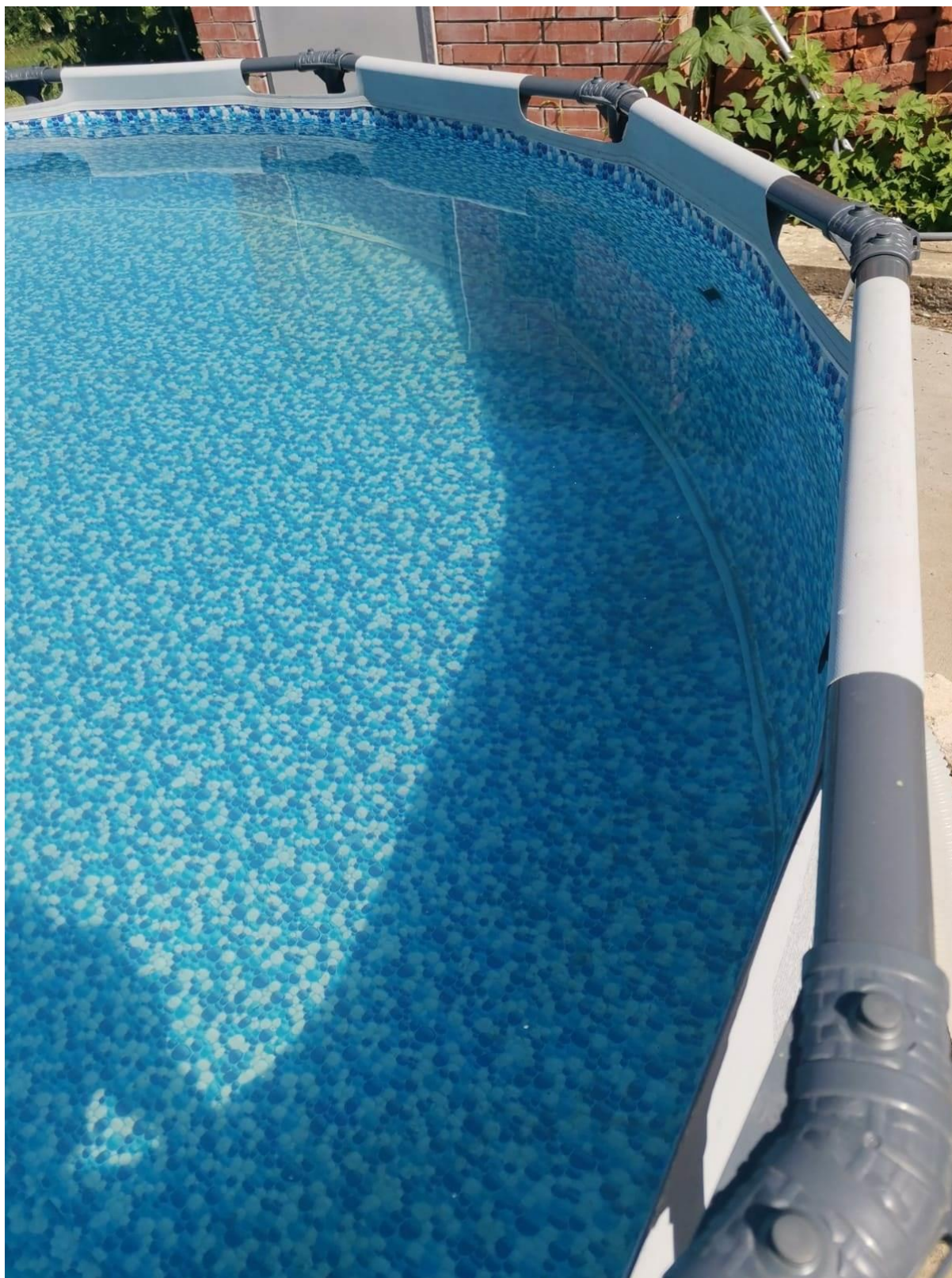


Рисунок 43 – Установка натурная состояние воды (18 часов циркуляции)





Рисунок 44 – Состояние фильтра после 18 часов эксплуатации при первичной очистке бассейна



Рисунок 45 – Осадок темного цвета



Рисунок 46 – Осадок темного цвета



Рисунок 47 – Задержка насекомых в фильтре

Дополнительно хотелось бы отметить, что применение песочного фильтра не отменяет применение химических препаратов (для дезинфекции и коагуляции). Особенно это актуально для бассейнов с подогревом (наши испытания проводились при температуре верхнего слоя воды 28°C (рисунок 48).



Рисунок 48 – Температура верхнего слоя воды 28 °С

Суммарная стоимость материалов на изготовление опытного образца песочного фильтра составила 1217 рублей, что в 14,5 раз меньше аналогов представленных на рынке. В целях импортозамещения возникает необходимость в изготовлении таких фильтров в промышленных

масштабах. Тем более что конструкция его предельно проста, а серийное производство позволит существенно сократить и без того низкую стоимость, что позволит сделать данное устройство доступным и эксплуатацию сезонных бассейнов более безопасным. Проблема отсутствия гигиенического контроля качества воды большинства сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области остается нерешенной и требует развития научной мысли (совершенствование и удешевление систем) в этом направлении.

### Выводы по третьей главе

Опыт эксплуатации сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области показал, что предлагаемые в комплекте с бассейнами фильтры со сменным картриджем со своей задачей не справляются (картриджи этих фильтров полностью колюматируют (забиваются) в течение короткого времени) что напрямую связано с высокими эксплуатационными затратами. Предлагается применять для очистки бассейна емкостью 10 м<sup>3</sup>, простой в изготовлении осветительный однослойный фильтр на 60 литров. Фильтр выполненный из пластикового резервуара заполненный кварцевым песком, определенной крупности зерен (рисунок 30). Он представляет собой полипропиленовую емкость (рисунок 31), в которую поступает вода из ванны бассейна для последующей очистки. Емкость оборудована стеновыми проходами для присоединения трубопроводов, в том числе для подпитки и слива. Исключить попадание песка в бассейн помогает специальная щелевая труба (рисунок 32) выполненная путем навивки проволоки треугольного сечения из нержавеющей стали.

При анализе параметров воды из Волги применяемый для заполнения бассейна выявлено превышение по максимальным показателям:

По р(Н) - 9,2 ед. рН, при норме 7,2-7,6;

Цветность 45°, при норме 0-5°;

Прозрачность - отсутствие возможности безупречного просмотра дна бассейна.

Натурное исследование органолептическим методом показало, что при использовании конструкции песчаного фильтра с кварцевой загрузкой вода стала полностью прозрачной см. рисунок 43. В фильтре в верхней части кварцевой загрузки образовался осадок темного цвета см. рисунки 44, 45, 46. Очистка песчаного фильтра производилась обратной промывкой с сливом воды на грунт в течении 20 мин. Конструкция фильтра полностью оправдала ожидание владельца как по качеству, так и по цене.

## Заключение

В работе проведен обзор существующих систем очистки воды бассейнов. Изучение вопроса применения сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области выявило, что согласно приведенной классификации доминирующее большинство бассейнов можно отнести к открытым, сезонным, купальным (в основном детским) каркасным бассейнам из пленки ПВХ с циркуляцией воды через скриммер см. рисунок 8. Это связано с относительно невысокой ценой и уровнем жизни населения Самарской области.

Анализ существующих систем очистки воды сезонных бассейнов на приусадебных хозяйствах Самарской области Российской Федерации выявил следующие недостатки:

- При эксплуатации большинства сезонных бассейнов на приусадебных участках Самарской области отсутствует гигиенический контроль качества воды.
- Очистка и обеззараживание осуществляется владельцами на глаз сомнительными препаратами и оборудованием.
- Бесконтрольное добавление хим. реагентов в бассейн создает угрозу здоровью для аллергиков или людей с повышенной чувствительностью кожи.
- Картриджи существующих приемлемых по цене механических фильтров полностью кольматируют в течение короткого времени что очень удорожает эксплуатационные расходы.

Для эксплуатации сезонных бассейнов в Самарской области необходима разработка простого и недорогого в создании и обслуживании фильтра механической очистки воды.

Предлагается применять для очистки бассейна емкостью 10 м<sup>3</sup>, простой в изготовлении осветительный однослойный фильтр на 60 литров. Фильтр выполненный из пластикового резервуара заполненный кварцевым песком, определенной крупности зерен (см. рисунок 30). Он представляет собой

полипропиленовую емкость (см. рисунок 31), в которую поступает вода из ванны бассейна для последующей очистки. Емкость оборудована стенowymi проходами для присоединения трубопроводов, в том числе для подпитки и слива. Исключить попадание песка в бассейн помогает специальная щелевая труба (см. рисунок 32) выполненная путем навивки проволоки треугольного сечения из нержавеющей стали.

Натурное исследование органолептическим методом показало, что при использовании конструкции песчаного фильтра с кварцевой загрузкой вода стала полностью прозрачной (см. рисунок 43). В фильтре в верхней части кварцевой загрузки образовался осадок темного цвета см. рисунки 44, 45, 46. Очистка песчаного фильтра производилась обратной промывкой с сливом воды на грунт в течении 20 мин. Конструкция фильтра полностью оправдала ожидание владельца как по качеству, так и по цене.

Суммарная стоимость материалов на изготовление опытного образца песочного фильтра составила 1217 рублей, что в 14,5 раз меньше аналогов представленных на рынке. В целях импортозамещения возникает необходимость в изготовлении таких фильтров в промышленных масштабах. Тем более что конструкция его предельно проста, а серийное производство позволит существенно сократить и без того низкую стоимость, что позволит сделать данное устройство доступным и эксплуатацию сезонных бассейнов более безопасным.



## Список используемых источников

1. Авторское свидетельство № 562293 А1 СССР, МПК В01D 23/26. Фильтр для очистки воды плавательных бассейнов : № 2028928 : заявл. 30.05.1974 : опубл. 25.06.1977 / В. Г. Лысаков, Л. С. Борсяков, В. А. Костычев, А. Е. Гриднев ; заявитель Центральная лаборатория новых видов спасательной техники центрального совета всероссийского общества спасания на водах (ОСВОД РСФСР). – EDN TNIRZV.
2. В.К. Дебольский И.Л. Григорьева Изменение химического состава воды в Волге от истока к устью в летнюю межень 2009 года. М.: Высш. шк., 2010. – 27.
3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. I. Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др.; Под ред. Г.И. Староверова и Ю.И. Шиллера – 4-е изд., – М.: Стройиздат, 1990. – 344с.
4. ВСН 52-86 нормы проектирования установки солнечного горячего водоснабжения.- М.: Госгражданстрой СССР,1988.-16с.
5. Г.И. Николадзе. Водоснабжение. Учебник для техникумов. М., Стройиздат, 1972г. 248 с.
6. Герасимова Н. А. Фитопланктон Саратовского и Волгоградского водохранилищ / Ин-т экологии Волжского бассейна РАН. Тольятти, 1996. 200 с.
7. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике : учеб. пособие для вузов [Текст] / В.Е. Гмурман. – 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 1997. – 400 с.
8. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов [Текст] / В.Е. Гмурман. – 11-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2005. – 279 с.
9. ГОСТ Р 53491.1-2009 «Бассейны. Подготовка воды. Часть 1. Общие требования.
10. ГОСТ Р 53491.2-2012 Бассейны. Подготовка воды. Часть 2. Требования безопасности.

11. Ивин, В. Ф. Энергосбережение при эксплуатации открытых плавательных бассейнов / В. Ф. Ивин, Б. Е. Боднар // Наука та прогрес транспорту. – 2013. – № 5(47). – С. 40-46. – EDN SCPEAZ.

12. Ильина, Т. Н. Инновационные способы микроклиматической поддержки в помещениях крытых бассейнов / Т. Н. Ильина, О. В. Глебова, И. В. Небыльцова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2016. – № 8. – С. 113-116. – EDN WHTDLN.

13. Интернет источник: <https://andi-grupp.su/articles/8025-solnechnyy-kollektor-dlya-basseyna> дата обращения 1.06.2022.

14. Лушкин, И. А. Исследование фильтрующего водоприема из источников с обильной водной растительностью : специальность 05.23.04 "Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лушкин Игорь Александрович. – Пенза, 1999. – 204 с. – EDN QCYXXV.

15. Лушкин, И. А. Проблемы забора и очистки воды для водоснабжения из источников с обильной водной растительностью / И. А. Лушкин, Д. А. Стрелков, М. А. Немнонова // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2012. – № 1(5). – С. 50-54. – EDN RFMSMF.

16. Маркин, Н.С. Основы теории обработки результатов измерений : учеб. пособие для средних специальных учебных заведений [Текст] / Н.С. Маркин. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 176 с.

17. Матюх, В. А. О влиянии увеличения биогенной нагрузки на эвтрофикацию водоемов / В. А. Матюх, И. А. Лушкин // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России : Сборник статей, Пенза, 19–20 января 2017 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. – С. 50-55. – EDN YQHGKL.

18. Митрофанов, Д. М. Применение солнечных коллекторов для подогрева воды в бассейне / Д. М. Митрофанов, О. В. Наумова // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения : Материалы IX Национальной конференции с

международным участием, Саратов, 11–12 апреля 2019 года / Под ред. Ф.К. Абдразаков. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2019. – С. 204-207. – EDN WBDGBR.

19. О регенерации фильтрующих водоприемных устройств / Ю. И. Вдовин, М. Я. Кордон, И. А. Лушкин [и др.] // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Пенза, 01–31 мая 2005 года. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2005. – С. 54-58. – EDN ZWPHCX.

20. Патент № 2257355 С1 Российская Федерация, МПК С02F 9/10, В01D 35/16, С02F 1/28. Установка для очистки воды в плавательном бассейне : № 2004110325/15 : заявл. 05.04.2004 : опубл. 27.07.2005 / Г. А. Ковалев, Н. Н. Каркищенко, Ю. С. Макляков [и др.] ; заявитель Закрытое акционерное общество "Международный Медико-экономический Центр "ДонМедЭкон". – EDN QHKJWO.

21. Патент № 2424200 С2 Российская Федерация, МПК С02F 9/12, С02F 1/28, С02F 1/32. Система очистки и обеззараживания воды в плавательных бассейнах : № 2009129257/05 : заявл. 30.07.2009 : опубл. 20.07.2011 / В. Ф. Боев, Я. Б. Улановский, Г. С. Рудых ; заявитель ООО "Стройинжиниринг СМ". – EDN ULVYGS.

22. Патент на полезную модель № 115806 U1 Российская Федерация, МПК E04H 4/16. Фильтр системы водоочистки для бассейнов : № 2011152947/03 : заявл. 26.12.2011 : опубл. 10.05.2012 / А. П. Севостьянов. – EDN UUUFCl.

23. Патент на полезную модель № 15882 U1 Российская Федерация, МПК С02F 1/00. Установка для обработки воды плавательного бассейна : № 2000120883/20 : заявл. 16.08.2000 : опубл. 20.11.2000 / С. Ф. Абрамович, В. М. Корабельников, В. А. Сучков, А. Н. Титаренко ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью Предприятие при НИИ КВОВ Комитета РФ "ВОДКОММУНТЕХ". – EDN WJSZJG.

24. Плаксина, В. Е. О гидравлических испытаниях колпачковых фильтрующих элементов ПП "ТЭКО-фильтр" / В. Е. Плаксина, И. А. Лушкин // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России : сборник статей XII Международной научно-практической конференции / Под общей редакцией В.А. Селезнева; И.А. Лушкина : Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2014. – С. 63-68. – EDN SWUCAN.

25. СанПиН 2.1.2.1188-03 «Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества».

26. СанПиН 2.1.2.1331-03 «Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды аквапарков».

27. Селезнева, А. В. Массовое развитие водорослей на водохранилищах Р. Волги в условиях маловодья / А. В. Селезнева, В. А. Селезнев, К. В. Беспалова // Поволжский экологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 88-96. – EDN SFOXEF.

28. СП 2.1.3678-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг".

29. Спирин, Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента : конспект лекций [Текст] / Н.А. Спирин, В.В. Лавров; под общ. ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. – 257 с.

30. Стрелков, К. Е. О существующих технологических схемах фильтрующего водоприема / К. Е. Стрелков, А. С. Харитонов, И. А. Лушкин // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии : XVII Международная научно-практическая конференция: сборник статей, Пенза, 23–24 апреля 2015 года / Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности; Академия водохозяйственных наук РФ; Волжское отделение Российской академии архитектуры и строительных наук; Тольяттинский государственный

университет; Межотраслевой научно-информационный центр; редактор: В. А. Селезнев, И. А. Лушкин. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 93-98. – EDN UCXNYR.

31. ТСН 23-346-2003 Строительная климатология. Самарская область. // Приволжское межрегиональное территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова. Утвержден администрацией Самарской области 25.07.2003.

32. Фильтры бассейнов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2009. – № 2(14). – С. 35. – EDN KWTSIH.

33. Хузиев, Л. А. Расчет параметров фильтров очистки воды плавательного бассейна от взвешенных частиц механическим методом / Л. А. Хузиев, С. М. Шавалеева // Химия и инженерная экология : XVII Международная научная конференция: Сборник статей, Казань, 27–29 сентября 2017 года. – Казань: Издательство "Бриг", 2017. – С. 178-180. – EDN TFDPEX.

34. Bell, J. A. Filter process removes cryptosporidial oocysts from water supplies / J. A. Bell, G. K. Pearce // Water Engineering & Management. – 1997. – Vol. 144. – No 8. – P. 18-19. – EDN COUDVT.

35. Collings, B. A. Quadrupole pre-filter/mass filter transmission profiles: Experiment and simulation / B. A. Collings // Rapid Communications in Mass Spectrometry. – 2019. – Vol. 33. – No 10. – P. 914-924. – DOI 10.1002/rcm.8427. – EDN TQEGUX.

36. Development of a cartridge filter combining a dielectric filter with an electrostatic precipitator / S. J. Park, Y. O. Park, I. K. Shin, H. U. Jung // Fluid - Particle Separation Journal. – 2002. – Vol. 14. – No 3. – P. 217-226. – EDN XRDWMZ.

37. Nazhad, M. M. Water purification: Filter paper for the production of safe drinking water / M. M. Nazhad, S. Heydarifard, H. Xiao // Water Purification: Filter

Paper for the Production of Safe Drinking Water, 2017. – P. 1-141. – EDN YKCSOC.

38. Waer, M. Filter backwash recycling: A safe water resolution / M. Waer, L. Harms // American City & County. – 2003. – Vol. 118. – No 1. – P. 28. – EDN DYZDBB.

39. Zielina, M. Energy and water savings during backwashing of rapid filter plants / M. Zielina, W. Dąbrowski // Energies. – 2021. – Vol. 14. – No 13. – DOI 10.3390/en14133782. – EDN LLGEEL.