

## **Раздел 3. Инженерное обеспечение**

УДК 628.1+612.0

### **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЦИРКУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ АВТОМОЕК**

Николенко<sup>1</sup> И.В., Котовская<sup>2</sup> Е.Е., Котовский<sup>3</sup> А.Е.

Институт «Академия строительства и архитектуры», ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского»,  
Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181,  
E-mail: <sup>1</sup>nikoshi@mail.ru; <sup>2</sup>elevkot@gmail.com; <sup>3</sup>kotovskiialex@yandex.ru

**Аннотация.** В работе выполнена количественная оценка расходов воды на мытье транспортного средства на автомойках, работающих по принципу самообслуживания, определены качественные показатели стока, определены требования, предъявляемые к очищенным сточным водам для участия в оборотном цикле, перечислены требования, предъявляемые к сточным водам для выпуска в городскую канализационную сеть. Рассмотрены существующие технологические схемы обработки сточных вод, образованных от мытья автомобилей. Выполнены натурные наблюдения и лабораторные анализы по определению фактического содержания взвешенных веществ. Для локальных очистных сооружений разработана технологическая схема очистки сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта на автомойках, работающих по принципу самообслуживания.

**Предмет исследования:** Технологическая схема очистки сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта на автомойках, работающих по принципу самообслуживания.

**Материалы и методы:** Натурные наблюдения и лабораторные анализы по определению фактического содержания взвешенных веществ в сточной воде автомоек самообслуживания. Исходная концентрация взвешенных веществ в сточной воде определена весовым методом. Седиментационный анализ в статических условиях выполнен для получения параметров загрязнений для выбора физико-химических методов очистки сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта. Серия пробного коагулирования показала, что физико-химические методы обеспечивают очистку сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта.

**Результаты:** Установлено, что система очистки сточных вод автомойки в водооборотных схемах должна обеспечить качество воды, допустимое для последующего мытья транспортных средств. Определены основные параметры исследуемой сточной жидкости автомоек самообслуживания: исходная концентрация взвешенных веществ, кривая седиментации в статических условиях. Экспериментально установлена зависимость эффективности осаждения загрязнений от продолжительности отстаивания, а также выполнено пробное коагулирование, что явилось основой разработки технологической схемы очистки сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта на автомойках, работающих по принципу самообслуживания.

**Выводы:** Выполнена количественная оценка расходов воды на мытье транспортного средства на автомойках самообслуживания, определены качественные показатели сточной воды, определены требования, предъявляемые к очищенным сточным водам для участия в оборотном цикле, проведены натурные наблюдения и лабораторные анализы, результаты, которых позволили разработать технологическую схему очистки сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта на автомойках, работающих по принципу самообслуживания.

**Ключевые слова.** автомойка самообслуживания, взвешенные вещества, концентрация, седиментационная кривая, отстойники, локальные очистные сооружения, технологическая схема.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Увеличение в мире численности автомобилей со второй половины XX века привело к качественному изменению городских геосистем, так как транспортные средства являются причиной одного из мощных источников загрязнения природной среды. При эксплуатации автомобилей в результате воздействия внешних и внутренних факторов происходят необратимые ухудшения их технического состояния. К внешним факторам относятся технический уровень эксплуатации, обслуживания и ремонта, дорожные, климатические и сезонные условия, а также агрессивность окружающей среды и др. Мойка автомобиля является одной из основных технологических операций в комплексе работ по поддержанию его работоспособного состояния, обеспечению надежности, экономичности работы, безопасности

движения и защите окружающей среды. Поэтому бизнес в области мойки автомобилей в настоящее время один из рентабельных, что обуславливает широкий спектр предложений на рынке как автомоек, так и оборудования для них.

Сточные воды, образованные от мытья автомобильного транспорта, представляют собой сложную компонентную смесь, в составе которой включены минеральные примеси, илестые и глинистые частицы, смываемые с колесных шин автомобиля, а также частицы пыли и налипленной грязи, смываемой с кузова. В результате мойки транспортных средств образуются сточные воды, которые по составу идентичны первым порциям поверхностного дождевого стока, что определяется общими источниками формирования химического и бактериологического состава загрязнений, которые накапливаются на транспортных магистралях и городских территориях [1, 2]. В последнее время обеспечивается устойчивая тенденция к

увеличению числа автомоек, которые функционируют в соответствии с действующим экологическим законодательством по замкнутому циклу водоснабжения. С учетом того, что объекты автомобильного сервиса являются одними из прибыльных и распространенных видов бизнеса, основными критериями работы технологических схем очистных сооружений является их качество, технико-экономическая эффективность на разных режимах эксплуатации, а также надежное обеспечение экологической безопасности.

Очистить автомобиль от загрязнений только с помощью воды с высокой производительностью, качеством и малыми затратами невозможно. Поэтому автомойки оснащены системой подачи специальных моющих средств, содержащих поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые попадают в сточные воды. Опаснейшими веществами, которые содержатся в сточных водах автомоек, и могут наносить значительный вред окружающей среде, в частности водным объектам, являются нефтепродукты, соли тяжелых металлов, ПАВ, автошампуни, биологические загрязнения и т.д. По действующим нормативным документам воды от мойки автомашин допускается сбрасывать в городскую сеть дождевой канализации только после их очистки на локальных очистных сооружениях. При этом состав сточных вод, их свойства зависят от времени года, метеорологических и климатических условий, состояния дорог, технического состояния автомобиля, а также технологических схемы мойки. Системная и качественная очистка сточных вод автомоек в настоящее время является важной составляющей экологической безопасности. Поэтому исследование процессов распространения загрязнений в окружающей среде, которые содержатся в сточных водах автомоек, для урбанизированных территорий является одной из актуальных и приоритетных экологических задач [1, 3].

Дефицит водных ресурсов в настоящее время является глобальной мировой проблемой. В большинстве индустриально развитых стран мира действуют жесткие экологические законы, правила и нормативы, предъявляемые к промышленным предприятиям и объектам городского хозяйства для обеспечения ими определенных стандартов качества воды, для осуществления выпуска очищенных сточных вод в окружающую среду. Наиболее эффективным и экономичным способом соблюдения требований по загрязнению окружающей среды является многократная переработка и повторное использование воды. Законы о борьбе с загрязнением не только помогли в индустриально развитых странах снизить антропогенную нагрузку на водные объекты, но и способствовали сохранению и более эффективному использованию водных ресурсов. По мере того как чистая пресная вода превращается во все больший дефицит, водосберегающие технологии часто становятся наименее дорогостоящим и наиболее

экологически безопасным способом удовлетворения потребностей предприятий в воде [4].

В результате, наиболее эффективным и экономичным способом соблюдения экологических законов, норм и требований, а также предотвращения рисков загрязнения окружающей среды являются оборотные циклы с повторным использованием воды. Сопоставление качества воды с ее целевым использованием открывает способ управления водой, который превращает сточные воды из проблемы утилизации в ценный источник водоснабжения, а также экономический стимул для внедрения оборотных циклов. В большинстве предприятий решения о применении рециклинга принимаются на основе анализа объемов и структуры водопотребления с оценкой затрат на получение воды и ее очистку перед сбросом, с затратами на добавление оборудования для доочистки и повторного использования сточных вод внутри предприятия. Несмотря на то, что вода является только частью глобальной системы природопользования, но в ней основное влияние имеют локальные системы управления, то есть то, как водные ресурсы используются и управляются на местном и региональном уровнях [3, 4]. В данной работе рассмотрены проблемы обоснования параметров систем рециркуляции в системах водоснабжения автомоек самообслуживания в рамках разработки комплекса мер по решению проблем дефицита водных ресурсов в Крыму.

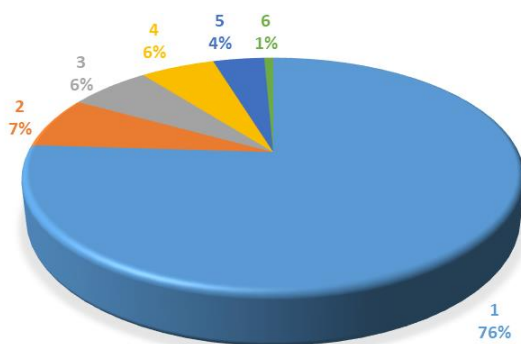
## ПОСТАНОВКА И СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

По данным аналитического агентства «АВТОСТАТ» в Российской Федерации по состоянию на 1 января 2021 зарегистрировано порядка 60 млн. единиц автотранспортных средств. Структурное распределение транспортных средств по их видам представлено на рис. 1. Анализ представленной диаграммы, показывает, что основная часть автотранспортных средств находится в личном пользовании, их число по данным представленным агентством «АВТОСТАТ» за последние десять лет выросло на 31%. В настоящее время на 1000 россиян приходится 313 автомобилей. Владение личным автомобильным транспортом накладывает свои эксплуатационные обязательства по поддержанию работоспособного состояния, к которому относится регулярная мойка колес и кузова, очистка салона, а также периодическая химчистка. Все указанные эксплуатационные обязательства повышают надежность и повышает комфорт, получаемый автовладельцем от использования личного средства передвижения. Многие автолюбители с большим удовольствием осуществляют этот уход за автомобилем. С распространением личного транспорта среди населения растет и сопутствующий сервис, в частности мойки самообслуживания, появляющиеся в каждом

городе, в каждом микрорайоне и ни одна из них не находится в простое, их эксплуатация осуществляется в непрерывающемся режиме.

Состав сточных вод, их свойства зависят от времени года, метеорологических и климатических условий, состояния дорог, технического состояния автомобиля, а также технологических схемы мойки. На качество и производительность технологической операции - мойки большое влияние оказывают состав, концентрация и температура моющих растворов; давление раствора и угол наклона струи относительно промываемой поверхности; расстояние от насадки до промывочной поверхности и продолжительность воздействия струи на очищаемый участок поверхности автомобиля. Поэтому технологические схемы мойки автомобилей отличаются составом, температурой и давлением воды, способом ее подачи и отведения, уровнем автоматизации, системой подачи воды на очищаемую поверхность,

качеством и временем мойки. Мойка автомобиля может выполняться при низком (до 0,2 МПа), среднем (до 0,9 МПа) и высоком (до 15 МПа) давлении. Максимальную производительность обеспечивают автомойкам струйные установки высокого давления. Способ струйной очистки более производителен, снижает ее себестоимость, а также способствует сохранности лакокрасочных покрытий. При мойке в установках высокого давления насосные агрегаты могут быть оборудованы системами нагрева воды, подачи моющих веществ, защиты и автоматики. На качество и производительность технологической операции - мойки большое влияние оказывают состав, концентрация и температура моющих растворов; давление раствора и угол наклона струи относительно промываемой поверхности; расстояние от насадки до промывочной поверхности и продолжительность воздействия струи на очищаемый участок.



**Рис. 1.** Структурное распределение автотранспортных средств: 1 – легковые; 2 – легковые коммерческие; 3 – грузовые; 4 – прицепы(полуприцепы); 5 – мототранспорты; 6 – автобусы  
**Fig. 1.** Structural distribution of motor vehicles: 1 – cars; 2 – passenger cars; 3 – cargo; 4 – trailers (semi-trailers); 5 – motor vehicles; 6 – buses

Технологические схемы очистки сточных вод автомоек включают разные варианты их реализации по структуре, составу, а также техническим средствам. В комплекс очистных сооружений, как правило, входят сооружения механической очистки. В зависимости от необходимой степени очистки технологические схемы дополняются сооружениями физико-химической и биологической очистки. Технологическая схема очистки сточных вод на автомойке должна планироваться комплексно, с учетом ее производительной мощности, количества используемых водных ресурсов, типа попадающих в жидкость загрязнителей, их состава и концентрации. Система очистки сточных вод автомойки в водооборотных схемах должна обеспечить качество воды, допустимое для последующего мытья транспортных средств. Существующие технологические схемы, методы и технологии, которые используются для очистки стоков автомоек, не всегда удовлетворяют требованиям, которые установлены нормативными документами. Модернизация и совершенствование существующих, разработка принципиально новых технологических схем очистных сооружений для

автомоек представляет важную научную и прикладную задачу [1, 3].

Полуостров Крым относится к числу вододефицитных регионов Российской Федерации. При этом водные ресурсы по территории Крыма распределены неравномерно, что объясняется различными причинами. К числу объективных факторов возникновения дефицита водных ресурсов на полуострове Крым относятся применение водоемких технологий, недостаток комплексных и системных мероприятий по водосбережению и водоэффективности [5]. Поэтому закономерно возникают вопросы экономии воды во всех секторах хозяйственной деятельности и возможных сферах ее потребления в Крыму: хозяйственно-питьевое водоснабжение, сельскохозяйственное производственное, в том числе автомобильного сервиса.

По данным ГИБДД Крыма, с 2014 года, количество автомобилей, зарегистрированных в городе Симферополе, увеличилось в четыре раза: на каждую тысячу жителей крымской столицы приходится 400 автомобилей [6]. Несложно подсчитать, что ориентировочное количество автомобилей в городе составляет более 136 тысяч и

в Симферопольском районе – более 65 тысяч и прирост в год составляет до 20 тысяч автомобилей [6]. Из средств массовой информации известно, что суммарное потребление воды всех автомоек города Симферополя составляет в летний период 800 м<sup>3</sup>/сутки и в два раза меньше в зимний. В период строгих ограничений водопользования в 2020 и 2021 годах 800 м<sup>3</sup> составляло до 1 % от суточной подачи воды в городе Симферополь, также данная величина полностью обеспечивает водопотребление небольшого микрорайона. В результате, в период ограничений подачи воды автомойки города Симферополя в основном не работали. Известно, что из всего количество автомоек города только 10% оборудованы системами очистки и возврата сточных вод в технологический цикл этих предприятий. Это несмотря на то, что согласно требований ведомственных норм РФ – ВСН 01-89 «использование для производственного водоснабжения воды питьевого качества допускается в виде исключения при отсутствии

технического водопровода и при технико-экономическом обосновании нецелесообразности устройства системы оборотного водоснабжения». Для региона с дефицитом водных ресурсов такая норма является особо актуальной, так как каждый кубометр воды следует беречь и повторно использовать во всех сферах деятельности.

Сточные воды, образованные от мытья автомобильного транспорта, имеют сложный и разнородный состав загрязнений. Обоснование возможного использования сточных вод в оборотном цикле водоснабжения подразумевает тщательный анализ показателей качественного состава воды, используемой в оборотном цикле водоснабжения. Строго регламентируется состав осветленной производственной сточной водой, концентрация механических примесей, нефтепродуктов и тетраэтилсвинца регламентируется показателями, приведенными в таблице 1.

**Таблица 1.** Сводные данные значений, приведенных для воды, образованной от мытья автомобильного транспорта, сточной воды, прошедшей очистку на ЛОС перед выпуском в хозяйственно-бытовую канализацию и воды, предназначенной для участия в оборотном цикле

Наименование загрязнений	Состав сточных вод от мытья автомобильного транспорта	Состав сточных вод, допустимый для выпуска в хозяйственно-бытовую канализацию сеть после очистки на ЛОС	Состав очищенных сточных вод для участия в оборотном цикле
Концентрация взвешенных веществ, мг/л	3000...700	<300	70...40
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	900...75	<15	20..15
Концентрация БПК <sub>5</sub> , мг/л	80	<300	Регламент не найден
Концентрация СПАВ, мг/л	Регламент не найден	10	Регламент не найден

Проанализировав данные, представленные в таблице 1, можно заключить, что необходимая степень очистки по указанным параметрам составляет для взвешенных веществ – 90 %; для нефтепродуктов - 80...98 % - для воды, прошедшей очистку на ЛОС 98,7 % и 80...95% соответственно по взвешенным веществам и БПК<sub>5</sub>. При использовании восстановленной воды в открытых системах технического водоснабжения эпидемиологическая безопасность является важным критерием ее качества и степени очистки. Применяемая вода должна иметь хорошие органолептические свойства и быть безопасной по химическому составу. В нормативах приведены общие требования по качеству воды, при любом сочетании методов очистки, доочистки и обеззараживания по гигиеническим критериям [7].

Состав загрязнений сточных вод автомоек, а также требования по качеству воды для ее повторного использования обуславливает применение несколько этапов очистки в

технологических схемах очистных сооружений. Первичная очистка в автомойке с механическим отделением нерастворимых загрязнений от воды возможна с применением простейших методов, включающих отстаивание и фильтрование. Наиболее простые схемы очистки сточных вод автомоек содержат фильтры грубой очистки, на которых удаляются взвешенные вещества и частично нефтепродукты. Доочистка выполняется на фильтрах тонкой очистки, после чего вода подается на вторичное использование. В этом случае фильтр тонкой очистки представляет собой корпус с последовательно установленными в нем кассетами, с синтетическим нетканым материалом. Промывочная вода фильтров поступает в специальный сборник, откуда после отстаивания направляется в голову очистных сооружений, а осадок удаляется. Такая простая технологическая схема обеспечивает очистку нефтесодержащих сточных вод транспортных предприятий с показателями качества - 1...3 мг/л по

нефтепродуктам и  $5...10$  мг/л по взвешенным веществам при исходной концентрации сточных вод до  $300$  мг/л по нефтепродуктам и до  $1000$  мг/л по взвешенным веществам. Существенным недостатком такой технологической схемы очистки является сохранение в сточной воде растворимых и биологических загрязнений, которые накапливаются в оборотной воде автомойки.

В рекомендуемых в специальной литературе технологических схемах очистки сточных вод, образованных от мойки автомобиля, устанавливаются следующие элементы: отстойник, оборудованный маслосборником; сетчатый фильтр; гидроциклон. Для извлечения мелких взвешенных частиц в процессе механической очистки применяется коагуляция, с оптимальной дозой коагулянта (сернокислый алюминий)  $50$  мг/л. Для ускорения реакции вводят флокулянт - полиакриламид с дозой  $0,5...1$  мг/л.

В случае использования для мойки легковых автомобилей синтетических моющих средств предусматривается флотация с последующим удалением пены. Традиционно в состав таких очистных сооружений входят: отстойник-фильтр; насосная станция; реагентное хозяйство; бункер для осадка. Очистное оборудование серии «*Мойдодыр-М*» предназначено для очистки сточных вод в системах оборотного водоснабжения автомоек с применением специальных ПАВ. Эти очистные сооружения для автомоек состоят из гидроциклона, тонкослойного полочного отстойника, фильтра с плавающей загрузкой, системы дозирования коагулянта и блока управления. Данное очистное сооружение оборудовано нефтеотделителем, флотатором, системой дозирования коагулянта и автоматическим дозатором хлора для автомоек.

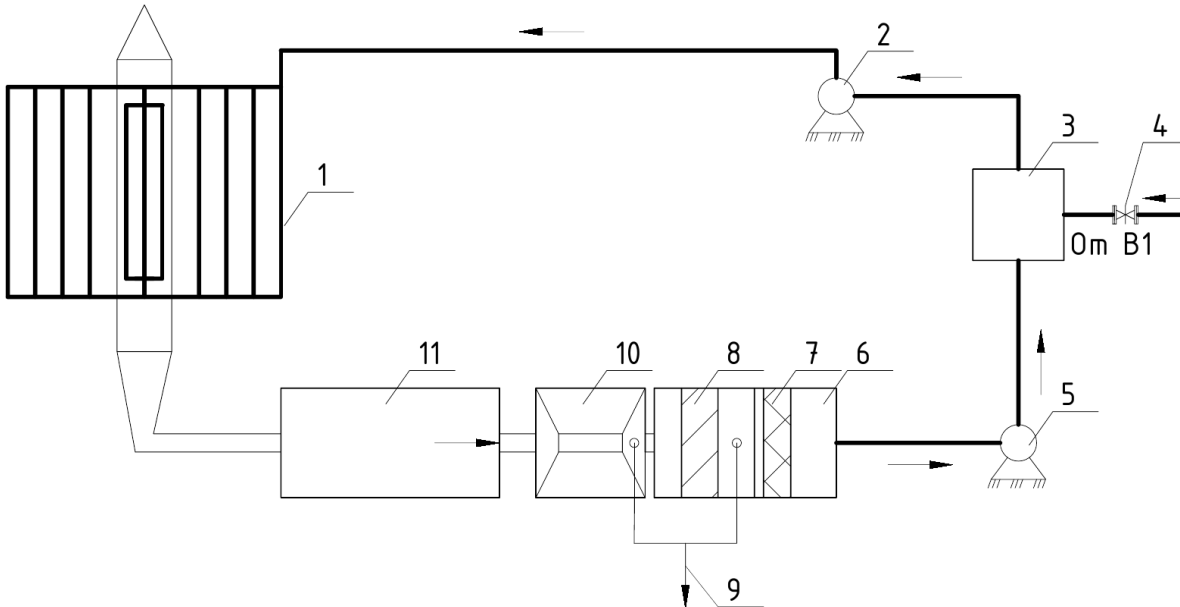
Стоки от моечных установок самотеком поступают на заглубленные очистные сооружения, располагаемые вне здания на расстоянии  $6$  м от него. Скорость потока в отстойнике принимают  $4...5$  мм/с. Длина отстойника составляет  $10...18$  м, ширина секции  $2$  м. В конце отстойника вода проходит нефтеудерживающую стенку и поступает в сборную камеру перед фильтрами. Фильтрование предусматривается снизу вверх, скорость фильтрования  $5...10$  м/ч. Фильтры заполняются неткаными материалами типа сипрона и поролон. Регенерация фильтров осуществляется путем механического отжима фильтрующего материала. После фильтров вода через сливную стенку поступает в водозаборную камеру, откуда насосами возвращается на моечную установку. Типовые проекты данной комплектации разработаны на производительность  $10$ ,  $20$ , и  $30$  л/с – для сточных вод от механизированной мойки автомобиля и  $1,5$  л/с и  $3$  л/с для ручной шланговой мойки.

В технологической схеме очистки сточных вод автомоек НПП «*Полипром*» существующие оборотные системы снабжены блоком, включающим бактерицидную обработку воды. Блок состоит из 2-х секционного фильтра с

регенерируемой пенополиуретановой загрузкой и сертифицированным ультрафиолетовым стерилизатором, который обеспечивает практически полное уничтожение биологических загрязнений. Выбор бактерицидной обработки обусловлен запретом на использование реагентных методов очистки в случае возможности отведения стоков на городские сооружения биологической очистки. Недостаток такой оборотной системы водоснабжения является несовершенство пенополиуретанового фильтра при его эксплуатации, что не позволило данной технологической схеме получить широкое применение.

В технологической схеме оборотного водоснабжения, которая применяется в оборудовании автомойки **HEO - KARCHER** (Германия) сточная вода после мойки насосом высокого давления скапливается в отстойнике, где механически оседают крупные частицы грязи. Затем с помощью насоса вода поступает в бак-смеситель установки, где встряхивающая дозирующая система добавляет необходимое количество специального реагента и антибактериального вещества. После интенсивного перемешивания в смесителе происходит отделение грязи и масел. При этом тяжелые частички оседают на его дне, а легкие фракции загрязнений и минеральные масла собираются наверху. Очищенная вода накапливается в буферном баке, затем проходит через специальные фильтры в сборный резервуар, откуда через клапан и насос высокого давления снова подается на мойку. Так как мойка выполняется при высоком давлении воды с созданием эффекта тумана, то происходят естественные потери воды. Для компенсации потерь воды при мойке из системы водоснабжения используется подвод свежей воды, которая используется в основном на ополаскивание после мойки с применением моющих средств. Расход свежей воды, на ополаскивание, не превышает  $15\%$  от общего расхода. После определенного периода (до  $50$  циклов) отработанная вода в оборотной схеме удаляется для утилизации. Вывоз отходов из отстойника, смесителя и буферного бака возникает не чаще одного двух раз в год. Существенным недостатком повсеместно внедренных систем автомойки **KARCHER**, в которых применяется подача под давлением водовоздушной смеси, является то, что смывание загрязнений с поверхности автомобиля вызывает разбивание частиц грязи на тонкодисперсную суспензию, плохо удаляющуюся на последующих ступенях очистки.

Технологическая схема очистки сточных вод автомойки предприятий автомобильного транспорта представлена на рисунке 2 [8]. Для обеспечения нескольких этапов очистки в данной технологической схеме установлены: грязеотстойник; флотатор (нефтеловушка); многоярусный полочный отстойник, и вторичный отстойник.



**Рис. 2.** Технологическая схема очистки сточных вод автомоек [6]: 1 – пост мойки; 2 – насос высокого давления; 3 – сборный резервуар; 4 – подпитка из водопровода; 5 – насос для перекачки; 6 – вторичный отстойник; 7 – фильтр; 8 – многоярусный отстойник; 9 – сброс в маслосборник; 10 – флотатор (нефтеловушка); 11 – грязеотстойник

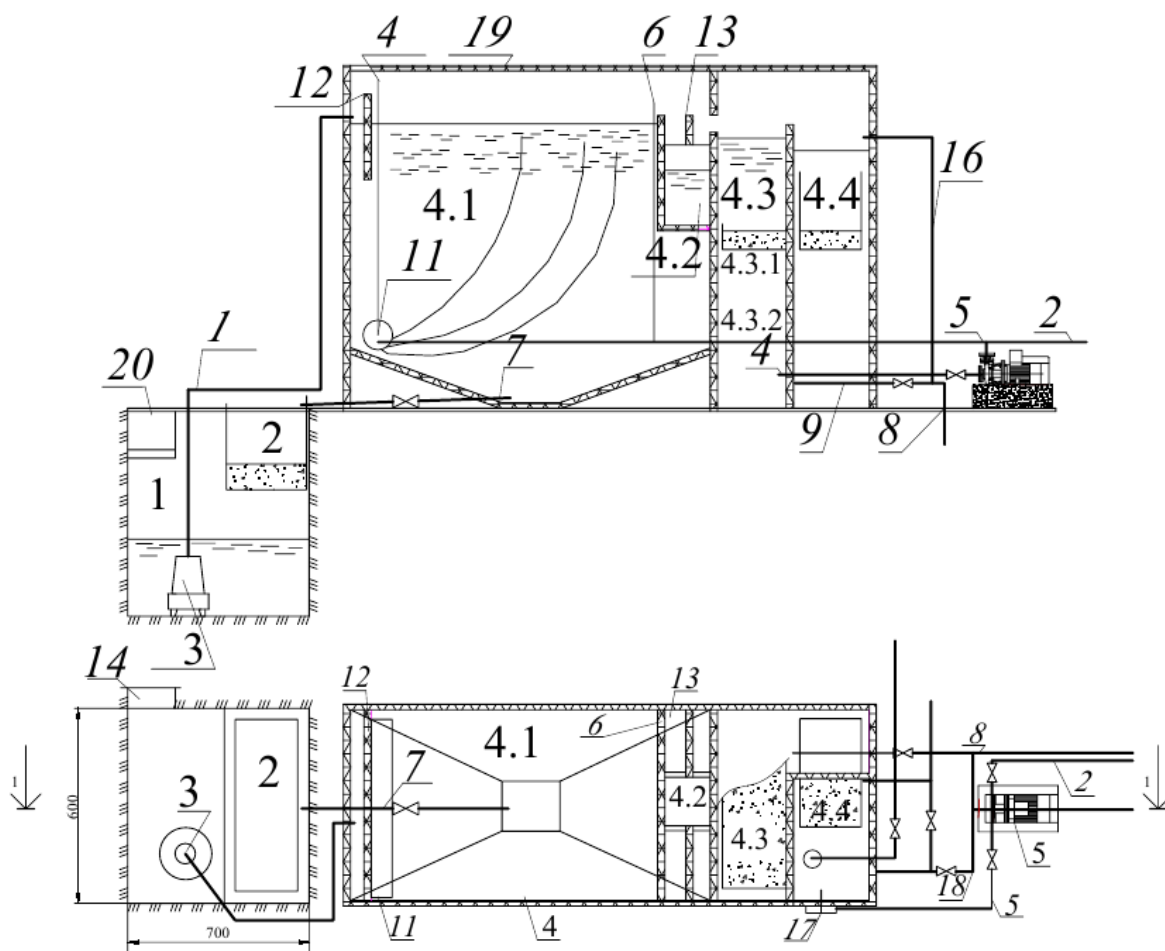
**Fig. 2.** Technological scheme of wastewater treatment of car washes [6]: 1 – washing post; 2 – high pressure pump; 3 – collection tank; 4 – make-up from the water supply; 5 – pump for pumping; 6 – secondary sump; 7 – filter; 8 – multi-tiered sump; 9 – discharge into the oil collector; 10 – flotator (oil trap); 11 – mud sump

Для предприятий автомобильного транспорта может применяться и модифицированная технологическая схема, в состав которой включены: грязеотстойник, нефтеловушка с полочными блоками; электрохимическая очистка сточных вод; фильтр из нетканых материалов. На рисунке 3 представлена технологическая схема очистки сточных вод предприятий автомобильного транспорта «Свяга», разработанная украинскими учеными. В составе данной технологической схемы присутствует: пескоулавливающий лоток; блок очистки, состоящий из флотатора, грязеотстойник; осветлительного и адсорбционного фильтровальных модулей.

Анализ описанных технологических схем автомоек со схемами оборотного водоснабжения, показывает, что для малой производительности оптимальной схемой является схема, включающая грязеотстойник, флотатор, фильтр при необходимости вторичный отстойник или грязеотстойник, отстойник, оборудованный тонкослойными модулями, фильтр, вторичный отстойник с отдувкой биогенных примесей.

Увеличившееся количество личного автотранспорта создает пробки на дорогах,

затрудняет движение всего транспорта в городе, а также загрязняет воздух. Кроме, перечисленных негативных факторов, возникающих вследствие увеличения числа автомобилей, необходимо учитывать увеличение количества воды, которое расходуется на мойку автомобилей, и загрязнения сточных вод, образующиеся после мытья автомобиля. Кроме личного автомобильного транспорта на полуострове, работают автотранспортные предприятия, необходимые для транспортного обеспечения различных предприятий, государственных и коммерческих структур, система регламентных работ, которых включают мойку. Благодаря автоматизированным процессам мойки и отсутствию обслуживающего персонала, такой вид автосервиса становится наиболее привлекательным для автовладельцев. Благодаря более низким ценам мойки самообслуживания получают все более широкое распространение в виде частных предприятий на 2...8 постов. Владелец частного автотранспорта привлекает функциональность и доступность автомоек, а опыт зарубежных стран показывает, что этот вид бизнеса в обозримом будущем будет только процветать.



**Рис. 3.** Технологическая схема очистки сточных вод автомоек «СВИЯГА»: *Технологическая схема:* 1 – сборная емкость; 2 – фильтр для осадка; 3 – насос подачи загрязненной воды; 4 – блок очистки; 4.1 – флотатор; 4.2 – емкость для флотопены; 4.3 – отделение моечной воды; 4.3.1 – фильтровальный модуль осветлительный; 4.3.2 – емкость очищенной воды; 4.4 – отделение очистки избыточной воды; 4.4.1 – фильтровальный модуль осветлительный, 4.4.2 – фильтр адсорбционный; 5 – насос подачи очищенной воды на мойку и рабочей жидкости к эжектору; *Оборудование и элементы:* 1 – трубопровод подачи воды в блок очистки; 2 – трубопровод подачи воды к моечным постам; 3 – водопровод; 4 – трубопровод водовоздушной смеси; 5 – трубопровод рабочей воды к эжектору; 6 – трубопровод пеногашения; 7 – трубопровод осадка; 8 – сброс избыточной воды, опорожнение и перелив; 9 – дренаж; 10 – регулируемый водослив; 11 – сатуратор-водораспределитель; 12 – полупогружная перегородка; 13 – пеносорбный лоток; 14 – пескоулавливающий лоток; 15 – поплавковый клапан; 16 – перелив; 17 – эжектор; 18 – всасывающий трубопровод насоса; 19 – крышки блока очистки; 20 – перекрытие пескоулавливающего лотка и сборной емкости (выполняются монтажной организацией)

**Fig. 3.** Technological scheme for wastewater treatment of car washes «SVYAGA»: *Technological scheme:* 1 – collection tank; 2 – sediment filter; 3 – contaminated water supply pump; 4 – cleaning unit; 4.1 – flotation machine; 4.2 – container for float foam; 4.3 – separation of washing water; 4.3.1 – clarification filter module; 4.3.2 – treated water tank; 4.4 – separation of excess water treatment; 4.4.1 – clarification filter module, 4.4.2 – adsorption filter; 5 – pump for supplying purified water to the sink and working fluid to the ejector; *Equipment and elements:* 1 – pipeline for supplying water to the purification unit; 2 – pipeline for supplying water to washing posts; 3 – plumbing; 4 – water-air mixture pipeline; 5 – working water pipeline to the ejector; 6 – defoaming pipeline; 7 – sediment pipeline; 8 – discharge of excess water, emptying and overflow; 9 – drainage; 10 – adjustable spillway; 11 – saturator-water distributor; 12 – semi-submersible partition; 13 – foam tray; 14 – sand trapping tray; 15 – float valve; 16 – overflow; 17 – ejector; 18 – suction pipeline of the pump; 19 – covers of the cleaning unit; 20 – overlapping of the sand trapping tray and collection tank (performed by the installation company)

В результате анализа описанных технологических схем, установлено, что они в основном предназначены для автотранспортных предприятий и крупных станций технического обслуживания автомобилей. Такие схемы не подходит для автомоек самообслуживания типа «Мой сам», в которых процесс мойки может

изменяться в широких пределах, в зависимости от умений, навыков, качества и времени, которое выбирается автовладельцем самостоятельно. Поэтому необходима разработка технологического процесса очистки сточной воды для локальных очистных сооружений (ЛОС) моек самообслуживания, на которых расход может

варьироваться  $4,2...16,8 \text{ м}^3/\text{сут}$ , при этом  $80...85\%$  вод должны быть оборотными и только  $20...15\%$  подпитка свежей водой из источника, предназначенной для обмыва кузова. В связи с этим, для автомоек самообслуживания Крыма возникает задача поиска технологических и технических решений, снижающих уровень их экологического воздействия до уровня регламентированных показателей, оговоренных в стандартизированных документах, а также обеспечивающие рациональное использование материальных и энергетических ресурсов, экономическую целесообразность, с учетом комплекса мероприятий, направленных на преодоление дефицита водных ресурсов.

С учетом вышеизложенного целью данной работы является получение практических рекомендаций к проектированию ЛОС для очистки сточных вод, образованных от мытья автотранспортных средств на автомойках самообслуживания типа «Мой сам».

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования были выбраны сточные воды, полученные от мытья автотранспортного средства на мойке самообслуживания с двумя постами, работающей по принципу «Мой сам». В ходе проведения экспериментальных исследований и для реализации запланированных задач выполнялась мойка автомобиля предварительно тщательно загрязнив его с последующим сбором сточной жидкости для определения параметров загрязнений и обоснования методов очистки. Ход выполнения эксперимента предусматривает реализацию 3-х этапов:

- сбор сточной воды от мытья автомобильного транспорта;
- определение основных параметров исследуемой сточной жидкости;
- обоснование физико-химических методов очистки обрабатываемой сточной жидкости.

**Первый этап - сбор сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта.**

Для проведения экспериментальных исследований легковой автомобиль подвергся в течении 2-х недель интенсивной эксплуатации с ежедневными поездками по городу и поездками по трассе. Перед началом работ по мойке легковой автомобиль совершил пробег на расстояние  $500...600 \text{ км}$ , при этом получив равномерное загрязнение кузова. Для сбора сточной воды после мойки, предварительно по поверхности поста был расстелен отрез пленки, превышающий габариты

автомобиля и с облегчением приямка для сбора мочных вод.

После размещения автомобиля в poste автомойки осуществили несколько операций технологического процесса мойки:

**1-ая операция** - смыв загрязнений с поверхности кузова и днища при помощи системы подачи воды под давлением совместно с сжатым воздухом, в течении 1 минуты.

**2-ая операция** - нанесение на поверхность кузова пены моющего средства - 1 минута.

**3-я операция** – экспозиция моющего средства, в течении 3-х минут.

**4-я операция** - смыв загрязнений в течении 1 минуты.

После смыва загрязнений с кузова, автомобиль покидает пределы поста и с расстеленной пленки осуществляется сбор мочных вод, объем которых не превысил 50 литров.

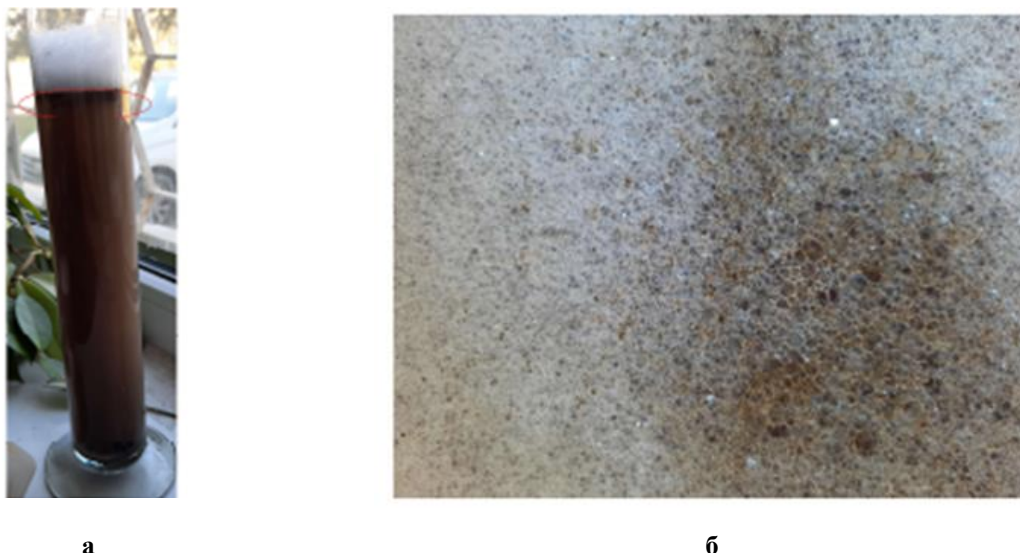
Объем сточной воды является одним из основных факторов, влияющих на обоснование технологических процессов очистки воды на ЛОС. По литературным источникам эта величина находится в диапазоне  $70...210 \text{ л}$  на одну мойку [9]. На мойках самообслуживания эта величина во многом зависит от индивидуальных особенностей автовладельца, осуществляющего мытье автомобиля, поскольку этот процесс индивидуален, а регламентируется только стоимостью.

**Второй этап - определение основных параметров исследуемой сточной жидкости.**

Полученная сточная вода от мытья автомобиля была доставлена в лабораторию химии и технологии воды кафедры водоснабжения, водоотведения и санитарной техники Института «Академии строительства и архитектуры», где были проведены последующие наблюдения и лабораторные исследования. При сборе сточной воды на поверхности пленки и на дне емкости оставались минеральные примеси – песок, количество и крупность которого следует учитывать при проектировании ЛОС.

После 4-х часов отстаивания сточная вода в лабораторных цилиндрах обладала устойчивой пеной на поверхности (рисунок 4), в которой были различимы частички загрязнений, также на поверхности плавали листья и крупные фракции загрязнений, плотность которых меньше плотности воды.

Для разработки практических рекомендаций к проектированию ЛОС для очистки сточных вод сложного химического и физического состава необходимо определить ее основные характеристики. Определение исходной концентрации взвешенных веществ в сточной воде автомойки выполнили весовым методом.



**Рис. 4.** Сточная вода, образованная от мытья автомобиля после 4-х часов отстаивания: а – сточная вода в лабораторном цилиндре; б – устойчивая пена, образованная на поверхности емкости сбора сточных вод  
**Fig. 4.** Waste water formed from washing a car after 4 hours of settling: а – waste water in a laboratory cylinder; б – stable foam formed on the surface of the wastewater collection tank

**Ход определения.** Принятый объем исследуемой сточной воды  $v$ , мл 200...500 мл фильтруют через высушенный при температуре 105 °С и предварительно взвешенный бумажный или стеклянный №2 фильтр. Промывают осадок на фильтре небольшим количеством дистиллированной воды и переносят фильтр с осадком в предварительно прокаленный и взвешенный тигель. Высушивают при температуре 105 °С, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Общее содержание грубодисперсных примесей в исследуемой сточной воде определяют по формуле:

$$X_{г} = \frac{(g_1 - g_0) \cdot 1000}{v}, \text{ мг/л} \quad (1)$$

где  $g_0$  – исходный вес бумажного или стеклянного фильтра, мг;  $g_1$  – вес бумажного или стеклянного фильтра с отфильтрованным осадком, мг;  $v$  – объем воды, взятой для определения, мл.

В проведенных исследованиях через стандартный бумажный фильтр, который предварительно взвешивается и просушивается при температуре 105 °С в течении 2-х часов, пропускается 500 мл сточной жидкости, образованной от мытья автомобиля. Масса предварительно взвешенного и высушенного

бумажного фильтра составляла 2,2 грамма. После пропуска сточной воды через фильтр и его высушивания вес составил 2,64. Таким образом, масса задержанных загрязнений на фильтре при пропуске 500 мл воды составила:  $2,64 - 2,2 = 0,44$  грамма от 500 мл, что соответствует концентрации взвешенных веществ:  $C_{вв} = 0,44 / 0,5 = 0,88$  г/л = 880 мг/л. Следовательно, исходная концентрация взвешенных веществ сточной воды составила 880 мг/л.

Для оценки очистки сточной воды далее применялся фотоэлектроколориметрический метод, согласно которому между оптической плотностью жидкой среды и концентрацией вещества в растворе существует прямая пропорциональная зависимость. Для возможности применения фотоэлектрокалориметра (ФЭК) и определения количества загрязнений вещества в сточной жидкости необходимо составить градуировочную кривую, которая показывает зависимость оптической плотности раствора  $D$  от мутности или количества загрязняющих веществ в растворе. По данным представленным в таблице 2 предварительно построен калибровочный график, представленный на рис.5, с нанесенной линией аппроксимации, которой соответствует коэффициент корреляции  $R = 0,965$ , что соответствует сильной корреляционной связи. [10].

**Таблица 9.** Определения оптической плотности по известной мутности в воде

Желаемая концентрация	Переводная концентрация	Соответствующая оптическая плотность, $D$
20 мг/л	2мг-0,1 л	0,18
50 мг/л	5мг-0,1 л	0,27
80 мг/л	8мг-0,1 л	0,36
100 мг/л	10 мг-0,1 л	0,8
160 мг/л	16 мг-0,1 л	0,9
200 мг/л	20 мг-0,1 л	1,5

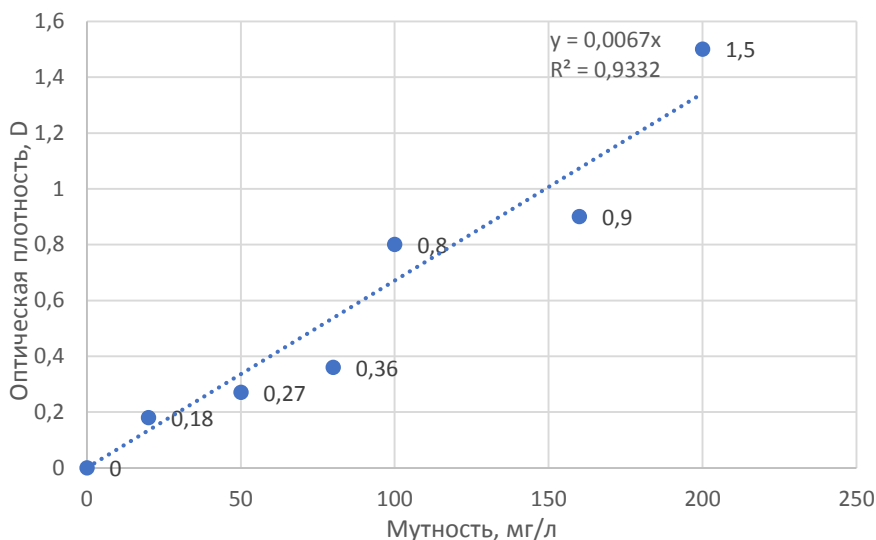


Рис. 5. Калибровочный график  
Fig. 5. Calibration graph

Так как исходная сточная вода имела высокую мутность (рис.4а), что не позволяло проводить ее измерения фотоэлектроколориметрическим методом, то выполнялось ее разбавление в 10 раз дистиллированной водой. Для измерительной кюветы объемом 25 мл, исследуемые пробы содержали 2,5 мл исходной сточной воды и 22,5 мл дистиллированной воды. Результаты определения концентрации загрязнений исходной воды до пропускания через фильтр и после показаны на рис. 6.

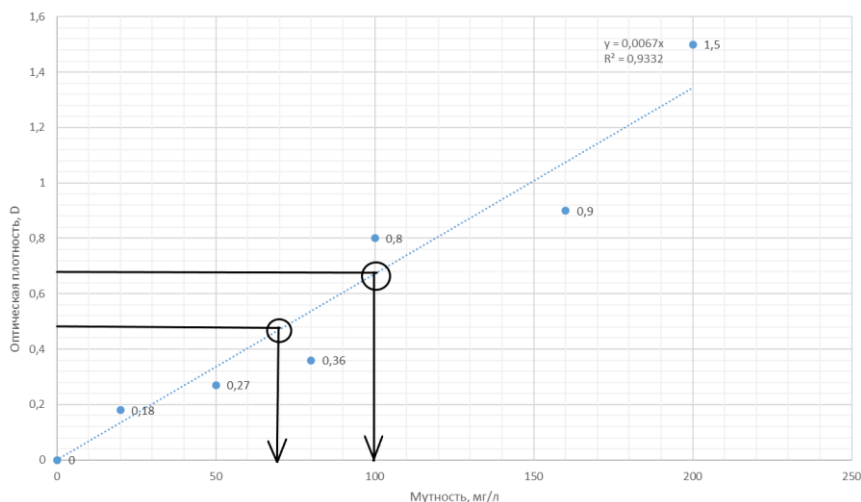


Рис. 6. Калибровочный график с нанесенными значениями до фильтрования через бумажный фильтр 500 мл сточной воды и после

Fig. 6. Calibration plot with plotted values before filtering through paper filter 500 ml waste water and after

С учетом 10-ти кратной степени разбавления сточной воды определены исходные концентрации ее загрязнения до входа на фильтр и после и эти величины составили: 1000 и 700 мг/л, что хорошо коррелирует со значением, полученным при определении путем высушивания в сушильном шкафу.

Для выбора методов очистки и обоснования технологической схемы ЛОС автомоек самообслуживания выполнен седиментационный анализ для различных режимов. Построение графиков седиментации позволяет определить:

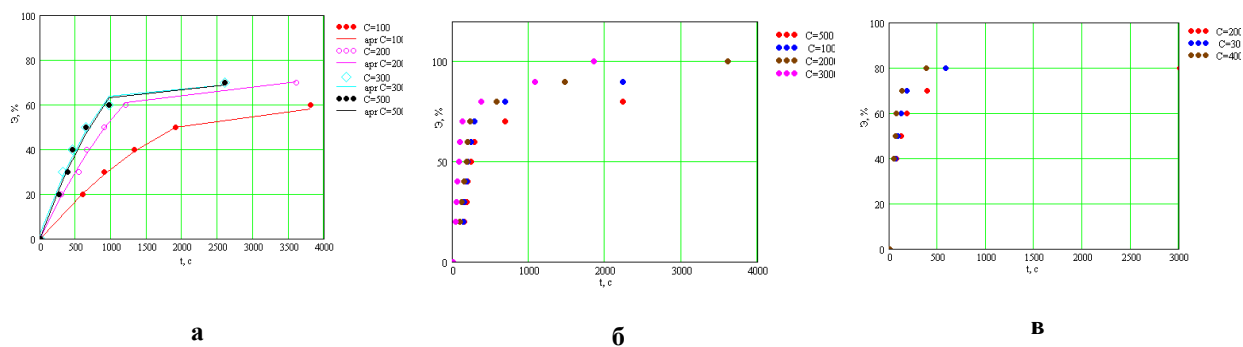
- оптимальный состав сооружений, то есть ступеней очистки;

- концентрацию загрязнений на ступенях очистки;

- период нахождения сточной воды в грязеотстойнике.

Для построения кривых седиментации воспользовались методикой [11], которая основана на применении расчетной формулы (1).

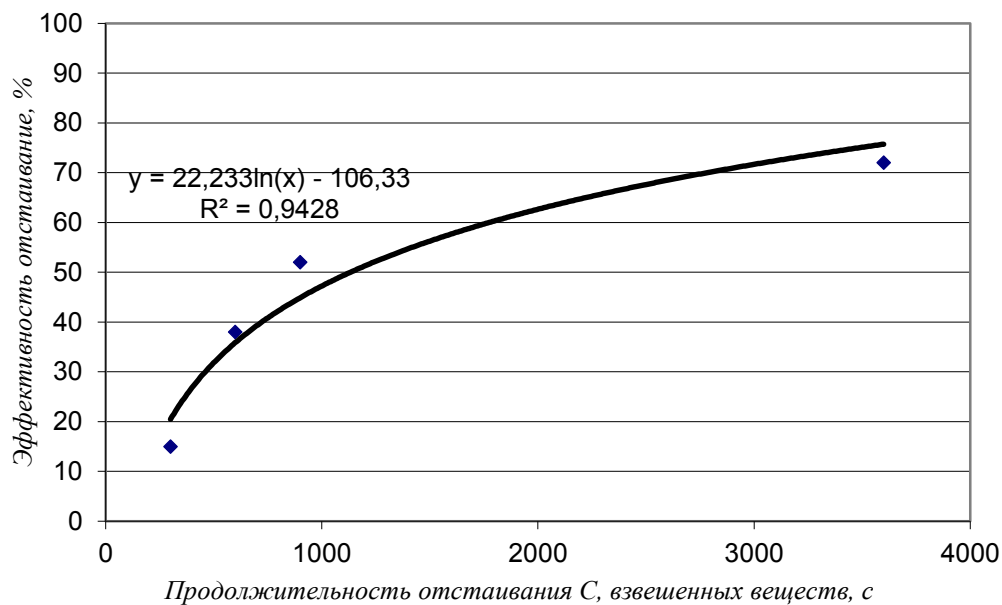
В соответствии с данными, представленными в таблице справочника [12] построены графики седиментации для 3-х типов примесей: коагулирующих (рис. 7а), мелкодисперсных минеральных (рис. 7б) и структурных тяжелых примесей (рис. 7в).



**Рис. 7.** Эффективность осаждения от продолжительности отстаивания для типов примесей (загрязнений): а – коагулирующих; б - мелкодисперсных минеральных; в – структурных тяжелых  
**Fig. 7.** Sedimentation efficiency versus settling time for types of impurities (contaminants): а – coagulating; б – fine mineral; в – structural heavy

Для получения зависимости эффективности осаждения от продолжительности отстаивания исследуемой сточной воды, был осуществлен отбор проб с одной глубины лабораторного цилиндра с разным интервалом времени. Полученные пробы по 25 мл пропускали через предварительно высушенный и взвешенный бумажный фильтр и высушивали в сушильном шкафу, а, затем взвешивали. Результаты расчета по формуле (1) для разных интервалов времени позволили определить

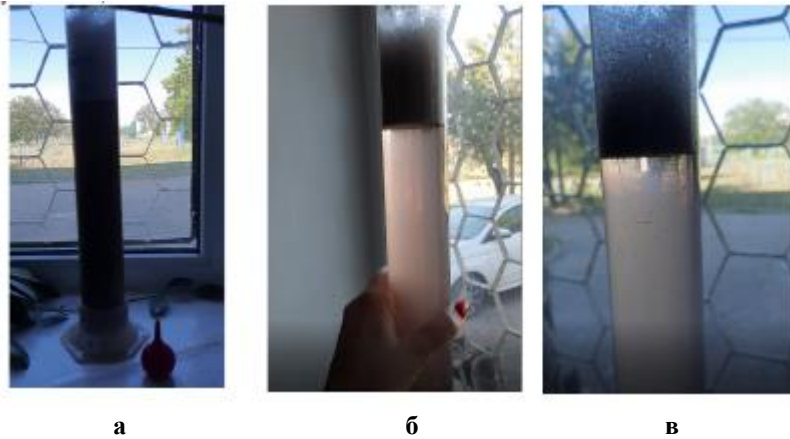
содержание взвеси на временном этапе, что позволило построить седиментационную кривую, которая показана на рис. 8. Полученные значения, аппроксимируются логарифмической зависимостью, которая необходима для расчета сооружений отстаивания, так как позволяет определить геометрические параметры отстаивания при различной величине заданных входных параметров.



**Рис. 8.** Седиментационная кривая для сточной воды, собранной от мытья автомобильного транспорта  
**Fig. 8.** Sedimentation curve for wastewater collected from vehicle washing

Для повышения эффективности очистки сточной воды, полученной от мытья автомобильного транспорта рассмотрены физико-химические методы. Для определения способности исследуемой сточной воды к физико-химическим методам очистки проведена серия пробного коагулирования. Стадии процесса коагулирования представлены на рис. 9. Предварительно в исследуемую воду

вводился коагулянт 1 мл 0,01 раствора «Магнафлока», что соответствует дозе 100 мг/л, что является достаточно значительной величиной. Затем провели тщательное перемешивание специальным ершиком с резиновым наконечником, с вовлечением воздуха. При этом на поверхности очищаемой воды слой увеличился в объеме в 3 раза (рис. 9а).



**Рис. 9.** Фотографии по стадиям процесса коагуляции:

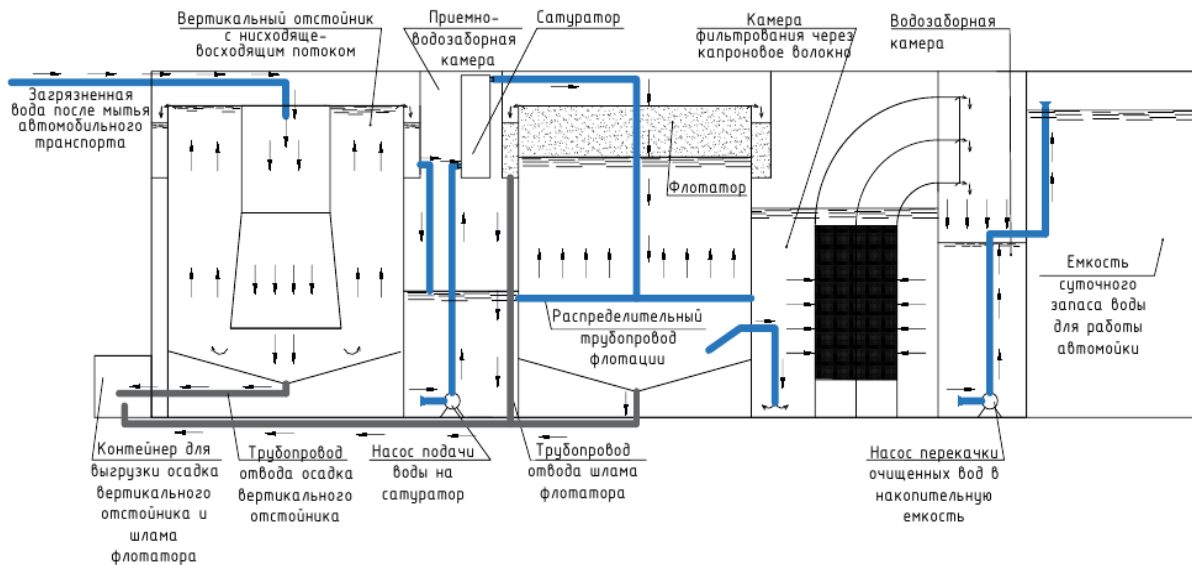
а – введение коагулянта и тщательное перемешивание (увеличение высоты столба пены в 4 раза); б – процесс осветления после введения коагулянта и тщательного перемешивания и отстаивания; в – границы разделения после введения коагулянта тщательного перемешивания и нескольких часов отстаивания

**Fig. 9.** Photos by stages of the coagulation process:

а – the introduction of a coagulant and thorough mixing (increase in the height of the foam column 4 times); б – the process of clarification after the introduction of the coagulant and thorough mixing and settling; в – separation boundaries after the introduction of a coagulant of thorough mixing and several hours of settling

Рассмотрев полученные данные можно, заключить что сточные воды, образованные от мытья автомобильного транспорта, хорошо поддаются физико-химическим методам очистки, но при этом требуется значительное дозы реагента, а также продолжительный период отстаивания.

Анализ полученных результатов позволил принять следующую принципиальную технологическую схему ЛОС для очистки сточных вод, образованных от мытья автотранспортных средств на автомойках самообслуживания, которая представлена на рис.10.



**Рис. 10.** Технологическая схема ЛОС очистки сточных вод от мытья автомобильного транспорта на автомойках самообслуживания

**Fig. 10.** Technological scheme of ЛОС for wastewater treatment from washing vehicles at self-service car washes

Технологическая схема ЛОС для моек самообслуживания, на которых расход не превышает  $20 \text{ м}^3/\text{сут}$  содержит грязеотстойник; флотатор; камеру фильтрации и сборную накопительную емкость. Разработанная компактная установка ЛОС состоит из отстойника с нисходяще-восходящим потоком движения воды, камеры для забора воды и подачи на сатуратор, флотационной камеры, в которую поступает вода от сатуратора. Флотируемые примеси с выделившимися из воды

пузырьками воздуха всплывают на поверхность и отводятся в контейнер флотошлама, нефлотируемые примеси оседают на дно и будут периодически удалены за пределы ЛОС, осветленная вода в защитной зоне при помощи трубопровода отвода, расположенного специальным образом под наклоном, перепускают в фильтровальную камеру, в которой расположен трубчатый каркас фильтра, заполненный капроновым волокном, обеспечивающим

финальное осветление сточных вод. Из фильтровальной камеры вода поступает в водозаборную камеру, из которой погружным дренажным насосом перекачивается в сборную накопительную емкость, в которой хранится суточный запас воды автомойки после ее очистки. Для разработанной технологической схемы ЛОС очистки сточных вод от мытья автомобильного транспорта на автомойках самообслуживания определены основные конструктивные и гидравлические параметры для расчета типовой серии ЛОС на 1; 2; 3; 4; 6; 7; 8 постов с определением габаритов всех конструктивных элементов и определением стоимости полного комплекта ЛОС, включая монтажные работы.

## ВЫВОДЫ

1. В работе выполнена количественная оценка расходов воды на мытье транспортного средства на автомойках самообслуживания, определены качественные показатели стока, определены требования, предъявляемые к очищенным сточным водам для участия в оборотном цикле; требования, предъявляемые к сточным водам для выпуска в городскую канализационную сеть. Рассмотрены существующие технологические схемы обработки сточных вод, образованных от мытья автомобилей.

2. Проведены натурные наблюдения и лабораторные анализы по определению фактического содержания взвешенных веществ, а также была построена калибровочная кривая для определения мутности при помощи оптической плотности на ФЭК.

3. Получена кривая седиментации в статических условиях, для получения возможности расчетных параметров для пересчета вертикального отстойника с нисходяще-восходящим потоком жидкости.

4. Проведены натурные наблюдения по определению возможности применения физико-химических методов очистки сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта.

5. Разработана технологическая схема очистки сточных вод, образованных от мытья автомобильного транспорта на автомойках, работающих по принципу самообслуживания.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николенко И., Демков А., Мануйлов М. Перспективные технологические схемы очистных сооружений автомоек. – Lublin: MOTROL, 2013. – Т. 15. № 5. – С. 129-138.
2. Муровский, С.П. Загрязнение геологической среды автомобильным транспортом и объектами его инфраструктуры [Текст] / С.П. Муровский // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС. – 2003. – № 8 – С. 137-140.

3. Диффузное загрязнение водных объектов: источники, мониторинг, водоохранные мероприятия. Учебное пособие [Текст]: / Т.Б. Фасчевская, В.О. Полянин, Н.В. Кирпичников; под научной ред. В.И. Данилова-Данильяна – М.: Институт водных проблем Российской академии наук, 2020. – 171 с.

4. S. Postel. The last oasis. Facing water scarcity. London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p.

5. Николенко И.В., Копачевский А.М. Основные направления разработки комплекса мер по решению проблем дефицита воды в Крыму// Строительство и техногенная безопасность. 2021. – вып. 21 (73). – С. 147 – 160.

6. Количество автомобилей в Симферополе выросло в 4 раза и продолжает увеличиваться. Электронный ресурс: режим доступа: <https://vesti-k.ru/kolichestvo-avtomobilej-v-simferopole-vyroslo-v-4-raza-i-prodolzhaet-uvlechivatsya/>

7. МУ РФ 2.1.5.1183 – 03. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием воды в системах технического водоснабжения промышленных предприятий. – 20 с.

8. Санитарно-техническое оборудование зданий: Учеб. для вузов / В.С. Кедров, Е.Н. Ловцов. – М.: Стройиздат., 1989. – 495 с.

9. Батурич, В.Е. Автомобиль и инфраструктура города [Текст]/ В.Е. Батурич//Строительство и техногенная безопасность. – 2007. – № 18 – С. 99-103.

10. Кичигин, В.И. Моделирование процессов очистки воды: Учебное пособие [Текст] / В.И. Кичигин – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 230 с.

11. Кульский, Л.А. Химия и микробиология воды. Практикум [Текст] / Л.А. Кульский, Т.М. Левченко, М.В. Петрова. – К.: Вища школа, 1976, 116 с.

12. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика [Текст]: / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин; под общей ред. В.Н. Самохина – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

## REFERENCES

1. Nikolenko I., Demkov A., Manuilov M. Promising technological schemes of car wash treatment facilities. - Lublin: MOTROL, 2013. – Vol. 15. – № 5. – Pp. 129-138.
2. Murovsky, S.P. Pollution of the geological environment by road transport and its infrastructure objects [Text] / S.P. Murovsky // Construction and technogenic safety. – 2003. – № 8 – Pp. 137-140.
3. Diffuse pollution of water bodies: sources, monitoring, water protection measures. Textbook [Text]: / Т.Б. Faschevskaya, V.O. Polyaniin, N.V. Kirpichnikov; under the scientific editorship of V.I. Danilova-Danilyan – М.: Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences, 2020. – 171 p.

4. S. Postel. The last oasis. Facing water scarcity. London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p.
5. Nikolenko I.V., Kopachevsky A.M. The main directions of the development of a set of measures to solve the problems of water scarcity in the Crimea// Construction and technogenic safety. – 2021. – №21 (73). – Pp. 147-160.
6. The number of cars in Simferopol has increased 4 times and continues to increase. Electronic resource: access mode: <https://vesti-k.ru/kolichestvo-avtomobilej-v-simferopole-vyroslo-v-4-raza-i-prodolzhaet-uvlechivatsya/>
7. MU RF 2.1.5.1183-03. Sanitary and epidemiological supervision of the use of water in the technical water supply systems of industrial enterprises. – 20 p.
8. Sanitary and technical equipment of buildings: Studies for universities / V.S. Kedrov, E.N. Lovtsov. – M.: Stroyizdat., 1989. – 495 p
9. Baturin, V.E. Automobile and city infrastructure [Text]/ V.E. Baturin//Construction and technogenic safety. – 2007. – № 18 – Pp. 99-103.
10. Kichigin, V.I. Modeling of water purification processes: Textbook [Text] / V.I. Kichigin – M.: Publishing House of the DIA, 2003. – 230 p.
11. Kulsky, L.A. Chemistry and microbiology of water. Practicum [Text] / L.A. Kulsky, T.M. Levchenko, M.V. Petrova. – K.: Vishcha shkola, 1976. – 116 p.
12. Sewerage of settlements and industrial enterprises. The designer's Handbook [Text] / N.I. Likhachev, I.I. Larin, S.A. Haskin; under the general editorship of V.N. Samokhin – M.: Stroyizdat, 1981. – 639 p.

## THE FOUNDATION OF RECIRCULATION PARAMETERS IN SYSTEMS CAR WASH WATER SUPPLY

Nikolenko <sup>1</sup> I.V., Kotovskaya <sup>2</sup> E.E., Kotovsky <sup>3</sup> A.E.

Institute «Academy of Construction and Architecture» of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky,  
Republic of Crimea, Simferopol, Kievskaya str., 181,  
E-mail: <sup>1</sup>nikoshi@mail.ru ; <sup>2</sup>elevkot@gmail.com ; <sup>3</sup>kotovskiialex@yandex.ru

**Abstract.** The work carried out a quantitative assessment of water consumption for washing a vehicle at car washes operating on the principle of self-service, determined the qualitative indicators of runoff, defined the requirements for treated wastewater to participate in the recycling cycle, listed the requirements for wastewater for release into the urban sewer network. The existing technological schemes of wastewater treatment formed from washing cars are considered. Field observations and laboratory analyses were performed to determine the actual content of suspended substances. For local treatment facilities, a technological scheme has been developed for the treatment of wastewater generated from washing motor vehicles at car washes operating on the principle of self-service.

**Subject of research:** Technological scheme of wastewater treatment formed from washing motor vehicles at car washes operating on the principle of self-service.

**Materials and methods:** Field observations and laboratory analyses to determine the actual content of suspended solids in the wastewater of self-service car washes. The initial concentration of suspended solids in wastewater is determined by the weight method. Sedimentation analysis under static conditions was performed to obtain contamination parameters for the selection of physico-chemical methods of wastewater treatment formed from washing motor vehicles. A series of trial coagulation showed that physico-chemical methods ensure the treatment of wastewater generated from washing motor vehicles.

**Results:** It was found that the wastewater treatment system of a car wash in water circulation schemes should ensure the water quality acceptable for subsequent washing of vehicles. The main parameters of the studied wastewater of self-service car washes are determined: the initial concentration of suspended solids, the sedimentation curve under static conditions. The dependence of the efficiency of deposition of pollutants on the duration of settling was experimentally established, and trial coagulation was performed, which was the basis for the development of a technological scheme for wastewater treatment formed from washing motor vehicles at car washes operating on the principle of self-service.

**Conclusions:** A quantitative assessment of water consumption for washing a vehicle at self-service car washes was carried out, qualitative indicators of wastewater were determined, requirements for purified wastewater to participate in the recycling cycle were determined, field observations and laboratory analyses were carried out, the results of which allowed to develop a technological scheme for wastewater treatment formed from washing motor vehicles at car washes operating on the principle of self-service.

**Key words.** self-service car wash, suspended substances, concentration, sedimentation curve, settling tanks, local treatment facilities, technological scheme.