

5. Канализация населенных мест и промышленных предприятий/Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
6. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: Навчальний посібник. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.

УДК 628.35

**Эпоян С.М.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

**Шаляпин С. Н., Шаляпина Т.С.**

*Харьковская инженерная компания*

**Зубко А.Л., Штонда Ю.И.**

*ООО «ЭКВИК», г. Харьков*

**Штонда И.Ю.**

*ГВУЗ «Ужгородский национальный университет»*

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАЛЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННОЙ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИИ**

Развитие современного общества характеризуется все более ощутимыми негативными последствиями антропогенного воздействия на окружающую природную среду и на состояние водных объектов. Основными загрязнителями сточных вод являются физиологические выделения людей и животных, отходы и отбросы, получаемые в результате хозяйственной деятельности человека, применения синтетических моющих и чистящих средств, поливке улиц, отходы и отбросы промышленных предприятий, и их технологические потери, а также атмосферные (ливневые и дождевые) воды. Как бытовые, так и многие производственные сточные воды содержат значительные количества органических веществ, способных быстро загнивать и служить питательной средой, обуславливающей возможность массового развития различных микроорганизмов, в том числе патогенных бактерий. Некоторые производственные сточные воды содержат токсические примеси, оказывающие пагубное действие на людей, животных и рыб [1-6].

В связи с резким увеличением на рынке всевозможных синтетических моющих и чистящих средств, шампуней и порошков, увеличились и объемы их использования на бытовом уровне, что, в свою

очередь, приводит к изменению химического состава хозяйственно-бытовых сточных вод. Увеличивается содержания СПАВ, фосфатов, азотсодержащих, компонентов, хлоридов и др., что существенно ухудшает обработку сточных вод на очистных сооружениях, уменьшая их эффективность. Кроме того, сброс неочищенных, или не качественно очищенных сточных вод на рельеф или в водоем чреват опасностью инфекционных заболеваний, может стать причиной снижения содержания в водах водоема растворенного кислорода и деградации водных экосистем.

В настоящее время, проблемы очистки сточных вод имеют большое экологическое значение, как в мировом масштабе, так и на местных уровнях. Повышение требований к качеству очищаемых стоков заставляет искать более эффективные и экологически безопасные способы удаления загрязнений [7-9].

Канализационные очистные сети и сооружения в большинстве регионов Украины построены в 70-80-х годах прошлого века. За эти годы очистные сооружения и канализационные сети морально и технически устарели, их ресурс практически выработан. За последние десятилетия

объемы сточных вод, сбрасываемых на существующие канализационные очистные сооружения (КОС), увеличились в несколько раз, что привело к увеличению нагрузки на них. Поэтому большое значение имеет прекращение сброса неочищенных стоков даже от самых малых объектов водопользования и внедрение новых безотходных технологий и экономически выгодных очистных сооружений. Проектные и технологические решения, реализуемые при строительстве и реконструкции КОС, как правило, остаются неизменными на протяжении десятилетий. По мере принятия руководящих документов, ужесточающих требования к очищенным сточным водам перед сбросом их в водоем, проблема соблюдения новых нормативов становится актуальной для подавляющего большинства очистных сооружений. Не менее важными задачами являются снижение эксплуатационных расходов на действующих очистных сооружениях и капитальных затрат при их строительстве и реконструкции [5, 10-12].

Учитывая сложившуюся ситуацию с очисткой сточных вод в Украине, предлагается реконструкция существующих КОС (септиков) с переоборудованием их в сооружения с аэробной биологической очисткой и с использованием мембранной ультрафильтрации, для эффективной и экологически надёжной работы данных канализационных очистных сооружений.

Удаление из сточной воды взвешенных и коллоидных веществ в установках мембранной ультрафильтрации является перспективным направлением при очистке воды для различных нужд. Перспективность данного способа объясняется, прежде всего, высоким эффектом очистки сточных вод, компактностью оборудования, возможностью удаления вирусов и бактерий, а также возможностью не применять реагенты. Поэтому мембранная ультрафильтрация в последнее время находит все большее применение в различных схемах очистки сточной воды [13, 14].

Но более широкому распространению данного способа очистки сточной воды препятствует, главным образом, его основной недостаток – резкая зависимость

расхода механически и биологически очищенной сточной воды и потерь напора в установке от качества исходной сточной воды. Это обуславливает повышение эксплуатационных расходов, а именно энергетических затрат на преодоление потерь напора и затрат, необходимых для регенерации мембранного фильтра.

Реконструкция существующих КОС (септиков), с переоборудованием их в сооружения с аэробной биологической очисткой с установкой модулей мембранной ультрафильтрации в Украине наиболее приемлемо и эффективно.

Для разработки технических и технологических задач по реконструкции существующих КОС, с переоборудованием их в сооружения с аэробной биологической очисткой с установкой модулей мембранной ультрафильтрации, рассмотрены существующие малые канализационные очистные сооружения (септики 2-х и 3-х блочные) целого ряда объектов, принимающих сточные воды хозяйственно-бытового характера от предприятий, пансионатов, санаториев и жилых комплексов. Данные объекты построены в 60-70 годы прошлого столетия и эксплуатируются непосредственно соответствующими службами собственников, так и коммунальными предприятиями. Проектная мощность существующего комплекса канализационных очистных, составляет от 100 до 400 м<sup>3</sup>/сут. Данные комплексы были запроектированы как блок механической и биологической очистки с использованием анаэробного метода. Анаэробный метод очистки сточных вод применен из-за наличия, на момент проектирования, высокой концентрации в сточных водах органических веществ. Его преимущество перед аэробными методами заключается в резком снижении эксплуатационных расходов (для анаэробных микроорганизмов не требуется дополнительной аэрации воды) и отсутствии проблем, связанных с утилизацией избыточной биомассы. С значительным увеличением в поступающих сточных водах биогенных и химически активных загрязнений, низкими концентрациями органических веществ, качество очистки сточных вод значительно ухудшилось.

Биологическая система очистных сооружений, работающая в экстремальных условиях, имеет тенденцию к хронической разбалансированности, отсутствие механической очистки влечет за собой заиливание сооружений, происходит загнивание осадка, что в свою очередь, приводит к вторичному загрязнению сточных вод продуктами его разложения.

Для повышения эффективности очистки сточных до требований ПДК, необходимо произвести изменения в технологической схеме работы канализационных очистных сооружений следующим путем:

- установка эффективного оборудования для механической очистки сточных вод;
- проведение строительно-монтажных работ по увеличению объема и выравнивания днища сооружений;
- установка эффективного оборудования для биологической очистки сточных вод;
- установка современных воздуходувок;
- установка современного оборудования для доочистки сточных вод;
- повышение эффективности обеззараживания очищенных сточных вод.

Для механической очистки сточных вод от взвешенных веществ, на рассматриваемых канализационных очистных сооружениях, после камеры гашения на самотечных трубопроводах Ø 150-200, рекомендуется устанавливать решетки марки РМБЩ-50 (НПФ «ЭКОТОН» г. Харьков) или аналоговые, с диаметром отверстий 1,5-3 мм. Решетка механизированная барабанная щеточная РМБЩ-50 предназначена для извлечения из производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод грубодисперсных включений с размерами от 1,5 мм и с выгрузкой их в мусоросборник. Для задержания зерен песка размерами до 0,2 мм необходимо использовать вертикальную песколовку.

В существующих установках биологической очистки сточных вод (септиках), подача сжатого воздуха отсутствует. Для эффективной работы биологической очистки сточных вод в установках биологической очистки, как в зимнее так и в летнее

время, необходимо обеспечить подачу необходимого количества сжатого воздуха в сооружения.

В разработанной схеме, блок биологической очистки рассматривается как один целостный комплекс, с скомпонованными в единый блок биореактором, вторичным отстойником и стабилизатором активного ила.

Для обеспечения необходимого количества растворенного кислорода для эффективного окисления биологических загрязнений активным илом, необходимо установить систему мелкопузырчатых аэраторов АПКВ 120 и компрессорную установку с системой подающих трубопроводов. Аэрационные системы, предназначены для равномерного распределения воздуха, подаваемого от воздуходувки, в толще сточной воды.

После аэрации смесь сточной воды с активным илом поступает через переливное окно во вторичный отстойник, где происходит разделение активного ила и очищенной сточной воды. Иловая смесь, поступающая из биореакторов во вторичные отстойники, представляет собой гетерогенную (многофазную) систему, в которой дисперсионной средой служит биологически очищенная сточная вода, а основным компонентом дисперсной фазы являются хлопья активного ила, сформированные в виде сложной трехуровневой клеточной структуры, окруженной экзоклеточным веществом биополимерного состава.

При снижении интенсивности турбулентного перемешивания и последующем отстаивании иловой смеси в результате биофлокуляции происходит агрегирование хлопьев активного ила в хлопья размером 1-5 мм, которые осаждаются под воздействием силы тяжести. Преимуществом вертикальных вторичных отстойников являются удобство удаления из них осевшего ила, простота конструкции в виду отсутствия движущихся частей, возможность использования взвешенного слоя ила.

Избыточный активный ил удаляется эрлифтами из бункеров отстойной зоны вторичных отстойников в аэробный стабилизатор для стабилизации избыточного

активного ила. Стабилизированный активный ил, периодически, эрлифтами перекачивается на биологическую очистку в биореактор или вывозится на утилизацию ассенизационной автомашиной по согласованию.

Для функционирования комплекса канализационных очистных сооружений необходимо установить два компрессора (один рабочий, один резервный) 3D 38C 100K фирмы KUBICEK (Чехия) [15].

Для доочистки сточных вод на существующих КОС (септиков), при поступлении сточных вод до 200 м<sup>3</sup>/сут и более, до требований к сбросу ПДК в объекты рыбохозяйственного назначения, предлагается следующее решение.

Для доочистки очищенных сточных вод, на канализационных очистных сооружениях разработана технологическая схема применения модулей мембранной ультрафильтрации. Блок модулей мембранной ультрафильтрации устанавливается во втором коридоре биореактора. Следует отметить, что актуальность данных исследований и разработки общих рекомендаций подтверждается также тем, что решение о значениях технологических параметров для очистки конкретного типа сточной воды на мембранных фильтрах зачастую принимаются на основании тестовых экспериментов на пилотной установке, т.е. носят исключительно эмпирический характер.

Ультрафильтрация – это мембранный процесс, занимающий промежуточное положение между нанофильтрацией и микрофильтрацией. Ультрафильтрационные мембраны имеют размер пор от 20 до 1000 Å (или 0,002–0,1 мкм) и позволяют задерживать тонкодисперсные и коллоидные примеси, макромолекулы (нижний предел молекулярной массы составляет несколько тысяч), водоросли, одноклеточные микроорганизмы, цисты, бактерии и вирусы. Ультрафильтрация может полностью заменить процессы отстаивания, осаждения и микрофильтрация [16]. Применение модулей мембранной ультрафильтрации в разработанной технологической схеме рассматривается как

блок третичной очистки, который установлен непосредственно в биореакторе. Для их установки не требуется строительство дополнительных сооружений. Под регенератор переоборудуется часть емкостных сооружений в неработающих септиках. При работе модулей мембранной ультрафильтрации в слое смеси сточной воды и активного ила в биореакторе, время между регенерациями мембран увеличивается до 200 суток, что повышает их эффективность и конкурентоспособность.

Исследуя ультрафильтрационный мембранный модуль, расположенный вертикально, в котором мембранные элементы представлены пучком полых полимерных волокон, а фильтрация происходит в направлении «изнутри - наружу» видим, что часть потока (циркуляционный расход) транзитом проходит через внутреннее пространство мембраны, смывая с ее поверхности загрязнения. На частицу взвеси, задержанную на поверхности мембраны, действуют следующие силы: сила адгезии, сила стокового сопротивления, обусловленная действием циркуляционного потока, сила тяжести, подъемная сила, сила трения.

На основании проведенных исследований [16-18], можно сделать вывод, что оторвать от поверхности мембраны частицу взвеси меньшего диаметра сложнее чем крупную, поэтому при фильтрации смеси сточной воды и активного ила в биореакторе через мембраны, чем эффективнее свойства активного ила при биофлокуляции, тем эффективнее работа модулей мембранной ультрафильтрации.

Также, из выше изложенного следует, что для установок с высокой степенью фильтрации, которые задерживают более мелкие частицы, рациональнее удаление взвеси с поверхности мембран проводить путем не непрерывной промывки вихревой смесью воздуха и воды, а периодически, прекращая при этом фильтрацию.

Для доочистки сточных вод на существующих КОС, предложено использование блоков мембранных модулей siClaro FM 643(ФРГ), размерами 798 x 602 x 2247.

Общий вес мембранного модуля в сухом виде 135 кг.

**Вывод**

Для обеспечения экологической безопасности населенных мест в Украине и повышения эффективности очистки сточных до требований ПДК предлагается использование разработанных технических и технологических схем по реконструкции существующих канализационных очистных сооружений (септиков), с переоборудованием их в сооружения с аэробной биологической очисткой с установкой модулей мембранной ультрафильтрации.

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Айрапетян Т.С. Водне господарство промислових підприємств: Навчальний посібник. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 280 с.
2. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник / [О.А. Василенко, С.М.Епоян, Г.М. Смірнова та ін.]. – Київ-Харків: КНУБА, ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012. – 540 с.
3. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебное пособие. – М.: АСВ, 2009. – 760 с.
4. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005. – 671 с.
5. Інтенсифікація технологічних процесів комплексного очищення стічних вод промислово-урбаністичних центрів: Монографія / [Н.А. Мешкова-Кліменко, С.М. Епоян, М.Д. Гомеля та ін.]. – Харків: ІКХХВ ім. А.В. Думанського НАН України, ТОВ ТО «Ексклюзив», 2013. – 240 с.
6. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: Навчальний посібник. – Рівне: ВАТ «Рівнянська друкарня», 2003. – 622 с.
7. Василенок О.А., Литвиненко Л.Л., Квартенко О.М. Рациональне використання та охорона водних ресурсів: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2007. – 246 с.
8. Епоян С.М., Пашкова С.П., Айрапетян Т.С., Волков В.М. Рациональне використання водних ресурсів: Навчальний посібник. – Харків: ХНУБА, ТОВ ТО «Ексклюзив», 2016. – 176 с.
9. Левківський С.С., Падун М.М. Рациональне використання і охорона водних ресурсів: Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 280 с.
10. Реконструкція і інтенсифікація споруд водопостачання та водовідведення: Навчальний посібник / [О.А. Василенко, П.О. Грабовський, Г.М. Ларкіна та ін.]. – К.: ІВНВКП «Укрґеліотех», 2010. – 272 с.
11. Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Интенсификация очистки сточных вод на малогабаритных очистных сооружениях Крыма // Водоснабжение и санитарная техника. – М., 2010. - № 9.- С. 8 - 12.
12. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Зубко А.Л. Интенсификация очистки сточных вод на малогабаритных очистных сооружениях поселка Канака в АР Крым. // Научный вестник строительства.– Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. - 2010.- Вип.56.- С.230-233.
13. Пацай Ю.И., Штонда Ю.И., Штонда И.Ю. Локальные канализационные очистные сооружения для коттеджей и частных домов. // Вода і водоочистні технології. Науково-практичний журнал. – К., 2011. - №1.- С. 56 – 59.
14. Эпоян С.М., Штонда И.Ю., Штонда Ю.И., Пацай Ю.И., Коваль С. П. Локальные канализационные очистные сооружения «AS-VARIO comp» для частных домов и малых объектов водопользования. // Научный вестник строительства. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2012.- Вип.69.- С.279-283.
15. Эпоян С.М., Петер Баслер, Штонда Ю. И., Зубко А.Л., Эдимов Р.Р. Использование современных воздуходувок для повышения эффективности работы малых очистных сооружений. // Научный вестник строительства. - Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ. - 2013.- Вип.71.- С.370-375.
16. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Скорик А.Л. Эффективное осветление воды в устройствах малой производительности // Сучасні проблеми охорони довкілля та рационального використання ресурсів у водному господарстві: практ. конф., 2-6 квітня 2012 р. м. Миргород: матер. конф. - К.: Товариство «Знання» України. – 2012. – С. 19-21.
17. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя: Пер. с нем. – М.: Наука, 1974. – 711 с.
18. Эпоян С.М., Карагяур А.С., Штонда И.Ю. Изучение направлений снижения эксплу-

атационных затрат при применении мембранной ультрафильтрации. // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення.*

VIII міжнар. наук-практ. конф., 10-14 вересня 2012 р. м. Алушта: матер. конф. - Харків: Райдер, 2012. – Т. 1. - С. 302 – 306.

УДК 628.315

**Сизова Н.Д., Эпоян С.М.,**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

**Мовчан С.И.**

*Таврический государственный агротехнологический университет*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МАССОПЕРЕНОСА В АППАРАТАХ ЭЛЕКТРОФЛОТООАГУЛЯЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

### **Введение**

Постоянно возрастающие объёмы сбрасываемых сточных вод промышленными производствами, высокие требования к качеству обрабатываемых стоков и обеспечение экологической безопасности водных объектов определяет дальнейшее направление в работе систем промышленного водоснабжения.

### **Актуальность направления исследований**

Обработка сточных вод, как правило, осуществляется в вертикальных аппаратах, проходя несколько ступеней очистки от загрязнений ионами тяжёлых металлов, маслами и нефтепродуктами, взвешенными веществами и т.п. [1].

Поэтому актуальным является усовершенствование имеющихся аппаратов сброса сточных вод и исследование скоростей переноса энергии и вещества на поверхности раздела фаз в системах с движущимися средами (жидкими и газообразными).

### **Анализ исследования с использованием массопереноса**

Вопросам теоретического исследования процессов массопереноса в аппаратах, имеющих сложную геометрическую форму, уделяется большое внимание. Для описания процесса массопереноса используется уравнение конвективно-диффузного переноса примеси [2].

Рассмотрено построение новых многомерных моделей транспортирования загрязнителя в вертикальных отстойниках.

Расчёт гидродинамики течения реализуется в горизонтальных отстойниках, имеющих сложную геометрическую форму с использованием теоретического исследования процессов массопереноса [3].

**Целью** данной работы является исследование и усовершенствование процессов обработки сточных вод промышленных предприятий.

В связи с поставленной целью необходимо решить следующие взаимосвязанные задачи:

- разработать конструктивные решения и математическую модель процесса массопереноса в аппаратах электрофлотокоагуляционной обработки стоков, направленных на повышение эффективности их работы.

### **Конструктивно-технологические решения поставленной задачи**

В системах оборотного водоснабжения установки электрофлотокоагуляционной обработки сточных вод являются сложным и многоступенчатым оборудованием. От правильного выбора используемой технологии и аппаратов зависит не только техническая надёжность работы систем повторного использования воды, но и эколого-экономические показатели всего процесса.

В рассматриваемых технических решениях [4, 5] при электрогенерировании газа и коагулянта во флотокамере, независимо от изменений расхода жидкости, об-