

Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК 628.179.2:628.31

ОСВЕТЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В ЛОКАЛЬНОМ ВОДООЧИСТНОМ ОБОРУДОВАНИИ СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Мовчан С.И.

ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет»
 Адрес: Запорожская область, г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого, 18
 e-mail: msi.movchan@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены вопросы технического обеспечения процесса осветления стоков в процессе обработки сточных вод промышленных предприятий на локальном технологическом оборудовании производительностью 1-10 м³/час. Представленная технологическая схема и оборудование, исследования в системе оборотного водоснабжения участка цеха испытания двигателей, позволяет проводить обработку сточных вод по различным технологическим линиям, в нескольких режимах и параметрах с различным составом загрязнений и проведении постоянного контроля обрабатываемых сточных вод, по основным показателям.

Осветление сточных вод осуществляется с помощью технологической схемы, включающей напорную электрофлотокоагуляцию в аппаратах локальной обработки сточных вод по нескольким технологическим линиям и режимам. Поступающая вода на обработку собирается в приёмный сборник, проходя обработку в аппарате для очистки сточных вод, по своим технологическим линиям обработку в нескольких режимах. Осуществляется контроль (отбор) проб воды на всех этапах осветления. Для интенсификации процесса осветления в центре аппарата установлена труба реакционная. Использование сатуратора, установленного за пределами аппарата, способствует повышению степени интенсификации осветлённых вод.

Использование в системах оборотного водоснабжения локального оборудования, направленного на осветление сточных вод, решается на новой совокупности конструктивных и технологических решений, обуславливающих большую степень осветления стоков. Дальнейшая математическая обработка полученных результатов позволяет оптимизировать сам процесс осветления, снизить затраты на водоподготовку и обеспечить экологическую безопасность водных объектов.

Предмет исследования: закономерности и особенности процесса осветления стоков в аппаратах локальной обработки сточных вод промышленных предприятий.

Материалы и методы: В работе использовались методы математического и физического моделирования гидродинамических процессов, а полученные результаты экспериментальных исследований обрабатывались по известным методикам, путём сопоставления численного результата с данными промышленных исследований с использованием методов математической статистики.

Результаты: Разработана и апробирована технологическая схема осветления сточных вод аппаратами напорной электрофлотокоагуляции аппаратами локальной обработки сточных вод, используемых в системах оборотного водоснабжения. Используемая технологическая схема движения стоков на обработку в аппаратах напорной электрофлотации-коагуляции и напорной флотации, что позволяет повысить степень осветления сточных вод, оптимизируется время на обработку и получаемые технологические параметры осветления сточных вод.

Ключевые слова: дефицит воды, осветление, сточные воды, коалесцирующий фильтр, начальная концентрация, зерна фильтрования, гидравлическая крупность, аппараты напорной флотации, системы оборотного водоснабжения, гидродинамические процессы

Работа выполнена в рамках Государственного заказа на оказание государственных услуг (выполнение работ) № 075-03-2025-418 от 17.01.2025 г. «Инновационные технологии использования воды и водных ресурсов в системах оборотного водоснабжения» (FRRS 2023-0039)»

ВВЕДЕНИЕ

Уменьшение общих запасов водных ресурсов в мире, создаёт всё больший дефицит воды и водных ресурсов для хозяйственной деятельности страны. Недостаток воды сказывается не только для хозяйственно-питьевых целей, но, и в промышленном секторе [1]. Кроме этого, ухудшается экологическая обстановка, уменьшается количество водных ресурсов и увеличивается сточных вод, которые необходимо обрабатывать. Всё это, и другие водохозяйственные проблемы, решается с помощью усовершенствования надёжности и повышения

эффективности систем промышленного водоснабжения.

Общеизвестно, что четверть процентов общего объёма загрязняющих сточных вод приходится на долю промышленных предприятий [2].

Необходимо отметить, что основой водоснабжения промышленного предприятия является гарантированное обеспечение его водой удовлетворяющей всем требованиям технологических процессов по объемам и по качеству. От обеспечения качества воды и организации водоснабжения промышленного предприятия в значительной степени зависят качество и себестоимость выпускаемой продукции. Технологическое (производственное) водопотребление на большинстве промышленных

предприятий является основным, как по количеству потребляемой воды, так и по роли воды в обеспечении основных технологических процессов. Вода используется в производстве для разнообразных целей. Кроме того, в процессах использования воды промышленными предприятиями используется значительное количество параметров и характеристик, которые существенно влияют на процессы обработки.

Например, предложен алгоритм выбора технологической схемы обработки промывных вод скорых фильтров в зависимости от направления утилизации. Представлены результаты по разработке теории образования, обработки и утилизации сбросных (промывных) вод скорых фильтров (контактных осветлителей) от станции водоподготовки. Показаны этапы формирования сбросных (промывных) вод, факторы, влияющие на качество взвеси на каждом из этапов. Приведено математическое описание образования сбросных (промывных) вод, транспортировки по трубопроводам промканализации с учетом гидродинамического воздействия на частицы взвеси и тип применяемого для очистки природных вод реагента. Обработка описана двумя этапами – перемешиванием в камере хлопьеобразования и отстаиванием в статических условиях [3].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В системах промышленного водоснабжения важную роль играют различные процессы от обработки сточных вод до подготовки воды по различным направлениям, как промышленные, так, и бытовые сточные воды. Среди основных способов водоподготовки осветление, в том числе, и при очистке сточных вод промышленных предприятий, является определяющим в выборе технологии.

Решению вопросов осветления сточных вод рассматриваются по разным направлениям, в зависимости от различных объёмов и конечной цели использования.

Например, представлен опыт повышения эффективности осветления воды на осветлителях-циркуляторах очистных сооружений г. Рыбинска Ярославской области. Эффективность осветления воды после модернизации значительно повысилась: уменьшился вынос остаточного алюминия на скорые фильтры, сократился объём сброса осадка из осветлителей-циркуляторов в 2-3 раза, сократился расход воды на промывку фильтров на 20%. Содержание остаточного алюминия в питьевой воде снизилось с 0,5-0,4 до 0,2-0,1 мг/л [4, стр. 9].

Приведено описание современных сооружений коагуляционной очистке воды и осветления на очистных сооружениях с указанием возможных методов их усовершенствования систематизированных исследований при обработке природных вод коагулянтами и флокулянтами. Рассмотрены вопросы эффективности применения различных реагентов на основании экспериментальных исследований и рассмотрен

производственный опыт применения новых реагентов на водопроводных станциях России [5].

Результатами исследований выявлено влияние ряда факторов влияющих на эффективность очистки воды от нефтепродуктов, с ростом давления на адсорбционных фильтрах при определённых технических условиях, рассмотрено в работе [6].

Используемые осветлители со взвешенным осадком нашли широкое применение в качестве первой ступени осветления воды в место отстойников. Осветлители данного типа рекомендуется применять на станциях производительностью от 5 до 50 тыс. м³/сут. для осветления воды с содержанием взвешенных веществ 50-1500 мг/л и цветностью до 120⁰ [7].

Необходимо отметить, что многостадийная обработка сточных вод, в том числе осветление сточных вод, является важной технической задачей промышленных предприятий, использующих воду и водные ресурсы в производстве, является важной составляющей, которая определяет эколого-экономическое направление всего процесса обработки сточных вод в локальном оборудовании систем оборотного водоснабжения. Поэтому, для обеспечения экологической безопасности необходимо соблюдение нормативно-правовых документов, обеспечивающих не только экологическую безопасность, но и надёжность и эффективность работы систем водоснабжения промышленных предприятий.

Для промышленного сектора страны, использующим воду и водные ресурсы в своей технологии, основополагающим является Федеральный закон "О водоснабжении и водоотведении", в котором рассматриваются цели и принципы государственной политики в сфере водоснабжения и водоотведения на первом месте (статья 3, пункт 1) стоят вопросы охраны здоровья населения и улучшения качества жизни населения путем обеспечения бесперебойного и качественного водоснабжения и водоотведения. И, только после этого решать вопросы повышения энергетической эффективности путем экономного потребления воды, что непосредственно решается интенсификацией работы систем промышленного водоснабжения [8].

В Перечне поручений по реализации Послания Президента Федеральному Собранию (29 февраля 2024 г.), среди ключевых направлений, направленных на развитие коммунального и водохозяйственного комплекса, в том числе, отмечается: снизить к 2036 г в два раза объёмы неочищенных сточных вод, сбрасываемых в основные водные объекты; продлить до 2030 года реализацию федерального проекта «Чистая вода» в целях увеличения доли населения, использующего качественную питьевую воду.

Очевидно, что водоснабжение и водоотведение (канализация), эти два направления работы водохозяйственного комплекса страны неразрывно связаны между собой. При этом, повышение эффективности работы очистных сооружений, в

т. ч. и локального оборудования, снижение объёмов неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод и обеспечение экологической безопасности водных объектов – является важной прикладной задачей для предприятий водохозяйственного комплекса страны.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Современные тенденции дефицита воды и водных ресурсов, повышение уровня загрязнений подземных и поверхностных источников и др. выдвигают на передний план вопросы рационального и бережного отношения к водным ресурсам, что является определяющим в работе систем оборотного водоснабжения.

Поэтому цель исследования состоит в интенсификации ресурсосберегающих технологий в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Достижение поставленной цели решается комплексным подходом к следующим взаимосвязанным техническим задачам: обработка/очистка сточных вод, контроль качества обработанных сточных вод и обезвоженных осадков, образующихся в результате предыдущих технологических операций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет», и ранее, проводились исследования по увеличению степени обработки сточных вод, в т. ч. эффективности осветления промышленных сточных вод, в аппаратах напорной флотации-коагуляции, используемых в системах оборотного водоснабжения промышленных предприятий.

Среди основных характеристик и параметров аппарата напорной флотации-коагуляции необходимо отметить следующее:

- живое сечение вертикально установленных аппаратов и четырёх флотокамер - круглое;
- производительность оборудования в пределах находится в пределах 1-10 [м³/час];
- время контакта T [час] воды с сорбционной загрузкой в фильтре составляло 25-30 [мин.];
- скорость обработки сточных вод V_0 в оборудовании не превышала 2-4 [м³/ч];
- давление на входе в оборудование не превышало величину 0,6-0,75 [МПа].

Исследования проводились в системы оборотного водоснабжения участка цеха испытания двигателей, согласно разработанной схемы [9, 12]. С учётом начальной концентрации основных и

сопутствующих загрязнений [г/см³], начальных размеров частиц [см], размер зёрен загрузки [см], концентрация масла и взвешенных веществ в очищенной воде [г/см³] размера частиц в очищенной воде [см].

В ранее рассматриваемой технологической схеме используется конструкция электрокоагулятора, в которой не предусматривала разделение потока сточных вод, подаваемых на осветление [10]. Такая конструкция позволяет не в полной мере решить задачи осветления сточных вод, что обусловлено значительными объёмами обрабатываемых стоков.

Использование усовершенствованного аппарат для обработки сточных вод [11] значительно интенсифицирует процесс обработки – осветления сточных вод по нескольким направлениям:

- обрабатывать сточные воды со значительными концентрациями загрязнений;
- производить осветление сточных вод, требующих специальной обработки, например, для пищевых предприятий, выпускающих соки;
- повторно осветлять потоки сточных вод, которые не достигли необходимой степени осветления.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

И ИХ АНАЛИЗ

В полученных результатах проведенных последней [9, 12] рассмотрена принципиальная схема системы оборотного водоснабжения участка цеха испытания двигателей. В качестве аппарата, используемого для обработки сточных вод, в котором корпус аппарата включает три коаксиальных емкости с тангенциально расположенными трубопроводами для подвода стоков в каждую емкость отдельно [6].

Вследствие того, что гидравлическая крупность имеет различные размеры и природу своего происхождения (механические примеси, взвешенные вещества, масла и нефтепродукты). Кроме того, учтём условия материального и энергетического балансов, который может быть использован либо для процесса в целом, либо для любой его стадии [13].

Используем уравнение, описывающего траектории движения частиц сточных вод:

$$\frac{\partial z}{v \pm u_w} = \frac{\partial z}{u + u_w \cdot \frac{\omega^2 \cdot r}{g}}, \quad (1)$$

где u_w - гидравлическая крупность, м/с;

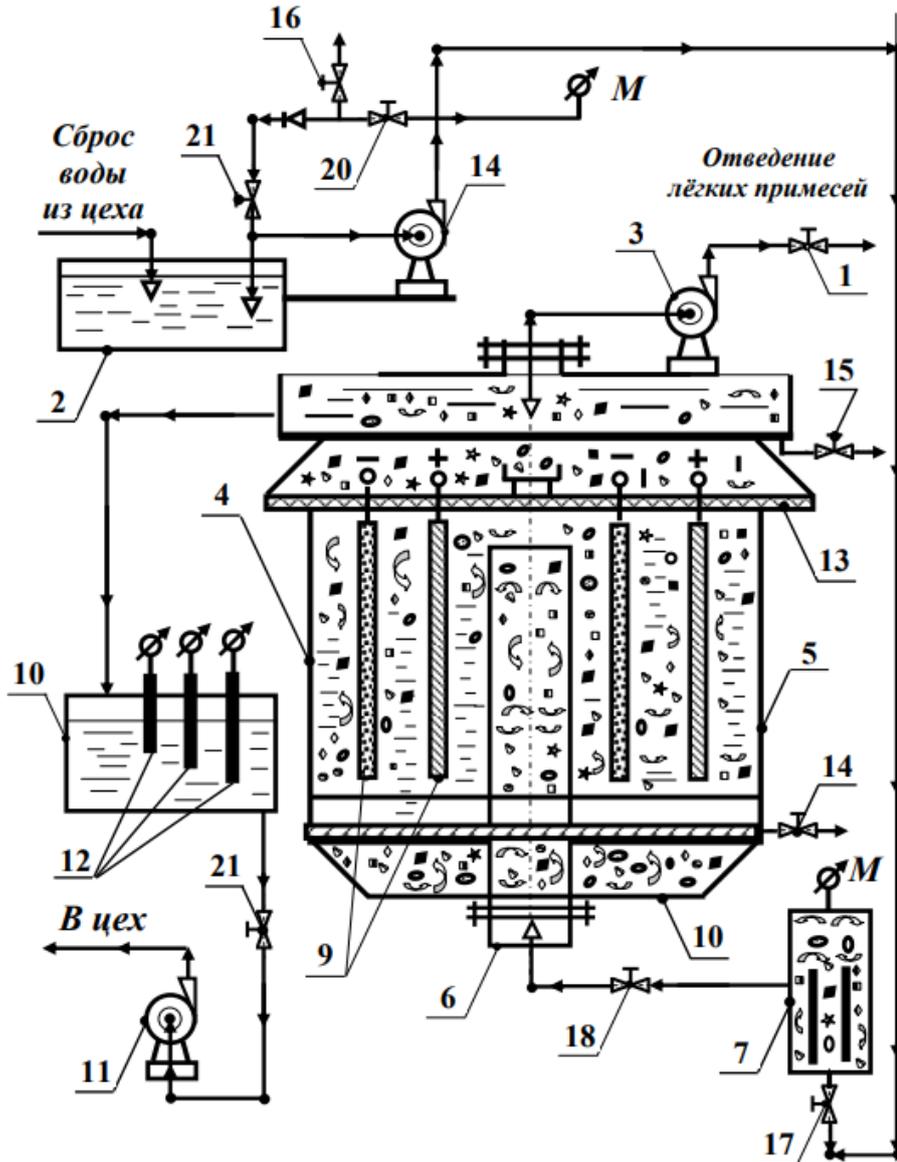


Рис. 1. Аппарат для обработки сточных вод [патент № 115710 Уа]:

- 1 – насос (марки «ВК») подачи воды на очистку сточных вод; 2 – сборный приемник;
 3 - насос откачивания флотошлама с установки; 4 – четыре вертикальные флотокамеры; 5 – корпус аппарата;
 6 – труба реакционная; 7 - сатуратор; 8 – эжектор; 9 – нерастворимые электроды; 10 – приёмник очищенной воды;
 11 – насос (марки «НШ») возврата воды на мойку полов та оборудования; 12 – датчик реле уровня ЗРСУ-2;
 13 – диэлектрическая прокладка; 14 - пробоотборник очищенной воды; 15 - пробоотборник флотошлама;
 16 – вентиль сброса сточных вод; 17, 18, 19, 20, 21 – вентили технологические;
 22, 23 – четыре вертикальных, соответственно трубы и вентили ввода сточных вод на обработку;
 24 – патрубок введения очищенной воды

Fig. 1. Apparatus for wastewater treatment [patent № 115710 Ua]: 1 – pump («ВК» brand) for water supply for wastewater treatment; 2 – collective receiver; 3 - a pump for pumping sludge from the installation;
 4 – four vertical float cameras; 5 – device body; 6 – reaction pipe; 7 - saturator; 8 – ejector;
 9 – insoluble electrodes; 10 – purified water receiver; 11 – pump («НШ» brand) for water return for washing chaff and equipment; 12 – level relay sensor ЗРСУ-2; 13 – dielectric gasket; 14 - purified water sampler;
 15 - sludge sampler; 16 – waste water discharge valve; 17, 18, 19, 20, 21 – technological valves;
 22, 23 – four vertical, respectively, pipes and valves for the introduction of wastewater for processing;
 24 – nozzle for the introduction of purified water

Величина u_w связана с эффектом обработки сточных вод эмпирической зависимостью. В знаменателе левой части уравнения (1) перед величиной u_w ставим знак «+» в случае, когда подвод воды происходит сверху аппарата, а знак «-», если подвод воды происходит из нижней части.

Величина u_w связана с эффектом обработки сточных вод эмпирической зависимостью, т.е. непосредственно зависит,:

$$\Theta = \frac{C_{Bx} - C_{Bвых}}{C_{Bx}}, \quad (2)$$

где $C_{Вх.}$, $C_{Вых.}$ концентрация частиц, соответственно на входе и выходе из аппарата, мг/л;

Из приведенного уравнения (2.4) при условии известного направления движения определяется любая гидромеханическая характеристика частиц водных растворов.

Условия массового баланса соответствуют состоянию равновесия: сколько частиц приходит в общем объеме сточных вод, столько же и уходит из данного объема. Для того, чтобы из общего объема, замкнутый контур, проходило количество частиц примесей (т.е. определяло качество очистки сточных вод) концентрация частиц примесей загрязнений C_3 [мг/л] должна равняться следующему соотношению:

$$C_3 = \frac{C_{II} \cdot 100}{R}, \quad (3)$$

где C_3 - концентрация частиц примесей загрязнений в исходном общем сточных вод, мг/л;

C_{II} - концентрация частиц примесей загрязнений в исходном общем сточных вод, мг/л;

R - селективность (избирательная способность) определять гидромеханические параметры частицы примесей водных растворов, %.

Селективность (от англ. — выбирать) — свойство одного объекта (обычно не законченного или предназначенного для использования в тандеме с объектом подобным себе), подбирать свойства другого объекта под свои нужды и качества, для дальнейшего совместного использования и распределения ресурсов как первого объекта так и его пары.

Количественное значение гидромеханических частиц примесей водных растворов (до и после очистки/обработки) определяется по следующим формулам

- эффективного диаметра D [м]

$$n^D = \frac{n_{исходн.}^D - n_{очищен.}^D}{n_{исходн.}^D} \cdot 100\%, \quad (4)$$

- электрофоретической скорости V [м/с]:

$$n^V = \frac{n_{исходн.}^V - n_{очищен.}^V}{n_{исходн.}^V} \cdot 100\%, \quad (5)$$

- электрокинетического дзета-потенциала ζ [В]:

$$n^\zeta = \frac{n_{исходн.}^\zeta - n_{очищен.}^\zeta}{n_{исходн.}^\zeta} \cdot 100\%, \quad (6)$$

- количества частиц примесей водных растворов n [штук]:

$$n^n = \frac{n_{исходн.}^n - n_{очищен.}^n}{n_{исходн.}^n} \cdot 100\%, \quad (7)$$

Таблица 1. Результаты измерений гидромеханических параметров частиц водных растворов и математической обработки значений эффективного диаметра при исследовании процесса седиментации оптико-механическими системами

Table 1. Results of measurements of hydromechanical parameters of particles of aqueous solutions and mathematical processing of values of the effective diameter during the study of the process of sedimentation by optical-mechanical systems

№ серии	Округленный диаметр $D_{округл}$ частицы, мм	Диаметр частицы, D , мкм				Среднее арифметическое значение эффективного диаметра D , мкм	Среднее арифметическое отклонение Δ	Вариации η	Среднее квадратичное отклонение, σ
		1	2	3	4				
1.	5	4,95	4,90	5,00	4,95				
	6	5,90	5,90	5,95	6,00	5,93	0,0625	0,0225	0,0075
	7	6,95	6,95	6,90	6,95	6,9375	0,0625		0,0058
	8	8,00	7,95	8,10	7,90	8,225	0,225	0,2	0,0225
	9	8,85	8,90	8,95	9,00	8,925	0,075		0,0183
	10	9,85	9,70	9,75	9,60	9,872	0,1	0,1	0,015
$\sum_{i=1}^n (D_{расч.} - D_{округ.})^2$									

2.	10	9,95	9,90	9,85	9,90	9,9	0,1	0,1	0,015
	11	10,90	10,85	10,95	10,90	10,9	0,1	0,1	0,0115
	12	12,00	11,9	11,95	11,95	11,95	0,05	0,1	0,0128
	13	12,90	12,95	13,0	12,90	12,9375	0,0625	0,1	0,0145
	14	13,85	13,95	13,90	14,00	13,925	0,075	0,15	0,0185
	15	14,90	14,95	15,00	15,00	14,925	0,0375	0,1	0,00417
$\sum_{i=1}^n (D_{расч.} - D_{округ.})^2$									
3.	15	14,90	14,95	15,00	15,00	14,9625	0,0375	0,1	0,00417
	16	15,80	15,85	15,90	15,90	15,8625	0,1375	0,1	0,0275
	17	17,00	16,90	16,95	17,00	16,9625	0,0375	0,1	0,001167
	18	18,00	17,95	17,80	17,95	17,925	0,075	0,2	0,015
	19	18,90	18,95	18,95	18,95	18,9375	0,0625	0,05	0,0258
	20	19,75	19,65	20,25	19,85	19,915	0,05	0,1	0,00425
$\sum_{i=1}^n (D_{расч.} - D_{округ.})^2$									
4.	20	19,95	19,95	20,00	19,90	19,95	0,05	0,1	0,00425
	21	21,00	20,90	20,85	20,95	20,925	0,075	0,15	0,0167
	22	22,00	21,90	21,95	22,00	21,9625	0,0375	0,1	0,004167
	23	23,00	23,00	22,90	22,95	22,4625	0,5375	0,1	0,004167
	24	23,90	23,95	23,90	24,00	23,9375	0,0625	0,1	0,0075
	25	24,85	24,75	24,65	25,20	24,925	0,05	0,1	0,005
$\sum_{i=1}^n (D_{расч.} - D_{округ.})^2$									
5.	25	24,90	24,95	24,95	25,00	24,95	0,05	0,1	0,005
	26	26,00	25,95	25,95	26,00	25,975	0,025	0,05	0,0107
	27	27,00	26,85	26,90	26,90	26,9125	0,0875	0,15	0,041167
	28	27,90	27,95	27,90	27,90	27,9125	0,0875	0,1	0,0075
	29	29,00	28,95	29,00	28,90	28,9625	0,0375	0,1	0,004167
	30	29,60	29,70	29,75	29,50	29,125	0,0875	0,05	0,01083
$\sum_{i=1}^n (D_{расч.} - D_{округ.})^2$									
6.	30	29,90	29,90	29,95	29,90	29,9125	0,0875	0,05	0,01083
	31	30,90	30,85	29,90	29,95	30,9	0,1	0,1	0,015
	32	32,00	31,90	31,90	32,95	31,9375	0,0625	0,1	0,0075
	33	33,00	33,00	32,90	32,95	32,9625	0,0375	0,1	0,004167
	34	33,90	33,90	33,85	33,95	33,9	0,1	0,05	0,0015
	35	34,25	34,50	34,75	34,75	34,125	0,0875	0,1	0,0125
$\sum_{i=1}^n (D_{расч.} - D_{округ.})^2$									
7.	35	34,85	34,90	34,95	34,95	34,9125	0,0875	0,1	0,0125
	36	35,95	36,00	35,90	35,95	35,95	0,05	0,1	0,005
	37	36,90	36,95	37,00	36,90	36,9375	0,0625	0,1	0,0075
	38	37,95	37,95	38,00	37,90	37,95	0,05	0,1	0,005
	39	38,95	38,90	38,95	39,00	38,925	0,075	0,1	0,005
	40	39,75	39,80	39,75	40,35	39,85	0,075	0,15	0,00867
$\sum_{i=1}^n (D_{расч.} - D_{округ.})^2$									
8.	40	39,95	39,90	39,85	40,00	39,925	0,075	0,15	0,00867
	41	40,85	40,95	40,90	40,95	40,9125	0,0875	0,1	0,015
	42	42,00	41,95	11,95	11,95	41,9625	0,0375	0,5	0,0025
	43	42,85	42,95	43,0	42,90	42,925	0,075	0,15	0,0167
	44	43,85	43,95	43,90	44,00	43,925	0,075	0,15	0,01167
	45	44,75	44,80	44,75	44,35	44,925	0,075	0,15	0,00867
$\sum_{i=1}^n (D_{расч.} - D_{округ.})^2$									

Примечание. 1. Для каждой серии измерений гидромеханических параметров частиц водных растворов и математической обработки полученных значений эффективного диаметра.

Более усовершенствованная конструкция аппарата для обработки сточных вод [11], используемая для проведения эффективности осветления имеет ряд преимуществ, отличающиеся от проведённых ранее исследований, состоит в следующем:

- весь объём сточных вод, подаваемых на осветление, разбит на четыре вертикально расположенные секции;
- предлагаемое направление движения сточных вод на осветление увеличивает производительность за счёт разделение потока сточных вод;

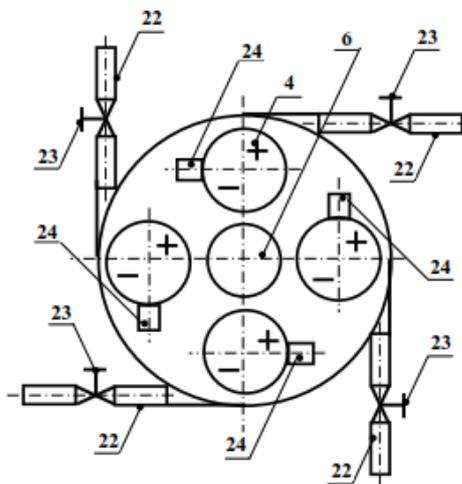


Рис. 2. Аппарат [8, пат. № 115710 Уа] вид сверху

4 – четыре вертикальные флотокамеры; 6 – труба реакционная;
 22, 23 – четыре вертикальных, соответственно трубы и вентили ввода сточных вод на обработку;
 24 – патрубок введения очищенной воды

Fig. 2. Apparatus for wastewater treatment [8, pat. № 115710 Ua] top view:

4 – four vertical float cameras; 6 – reaction pipe;
 22, 23 – four vertical, respectively, pipes and valves for the introduction of wastewater for processing;
 24 – nozzle for the introduction of purified water

Таблица 2. Эффективность обработки – осветления в вертикальных флотокамерах и аппарате для обработки сточных вод

Table 2. Processing efficiency – clarification in vertical flotation cells and wastewater treatment plant

№ п/п	Начальная концентрация C_0 , г/см ³	Эффективность обработки - осветления (согласно направлению и порядку прохождения сточных вод), %				Общая эффективность обработки - осветления, %
		I-я	II-я	III-я	IV-я	
1.	$4,25 \times 10^{-4}$	85,26	90,25	90,25	90,0	91-92,25
	$3,75 \times 10^{-4}$	85,55	89,25	91,25	91,25	91-93,25
2.	$4,15 \times 10^{-4}$	86,5	91,25	88,5	88,0	90-92,5
	$3,75 \times 10^{-4}$	87,75	89,25	91,25	91,25	91-92,5
3.	$4,1 \times 10^{-4}$	85,25	87,5	89,5	90,0	88,5-92,25
	$3,75 \times 10^{-4}$	86,5	89,25	91,25	91,25	89,5-93,25
4.	$4,05 \times 10^{-4}$	88,75	90,25	90,25	90,0	90,25-92,5
	$3,75 \times 10^{-4}$	89,75	89,25	91,25	91,25	91,5-92,5
5.	$4,3 \times 10^{-4}$	84,25	88,25	87,25	89,25	90,25-93,25
	$3,75 \times 10^{-4}$	83,75	89,25	91,25	91,25	90,5-92,5
6.	$4,25 \times 10^3$	84,5	91,25	88,5	88,0	91,25-92,5
	$3,75 \times 10^3$	85,25	89,25	91,25	91,25	88,5-92,25
7.	$4,15 \times 10^3$	87,25	87,5	89,5	90,0	89,5-93,25
	$3,75 \times 10^3$	89,5	89,25	91,25	91,25	90,25-93,25
8.	$4,1 \times 10^3$	89,75	90,25	90,25	90,0	90,5-92,5
	$3,75 \times 10^3$	91,75	88,75	90,25	90,25	90,0-92,5
9.	$4,2 \times 10^3$	88,75	89,75	89,25	91,25	91,25-94,25
	$3,75 \times 10^3$	89,75	84,25	88,25	87,25	89,25-91,0
10.	$4,05 \times 10^3$	84,25	83,75	89,25	91,25	91,25-93,25
	$3,75 \times 10^3$	85,5	87,75	89,75	90,25	90,5-92,5

Закключение. Таким образом, на эффективность обработки сточных вод, при осветлении в вертикальных флотокамерах и аппарате для обработки сточных вод, существенную роль играет количество (объёмы) обрабатываемых сточных вод.

Эффективность обработки сточных вод решается как конструктивно-технологическими мероприятиями, так, и технологическими.

В данном случае, в аппарате установлено четыре вертикальные флотокамеры. При этом определена

эффективность обработки сточных вод на каждом из этапов (вертикальных колонн), что позволяет определять эффективность обработки, т.е. осветлению сточных вод, согласно порядку прохождения сточных вод [%], в горизонтально установленных трубах для обработки сточных вод.

Составной частью, предлагаемых технологических решений, является обеспечение экологической безопасности обрабатываемых сточных вод. Эффективность осветления, играет немаловажное значение не только для сточных вод, но, и для чистой воды, используемой в сельскохозяйственном секторе.

ВЫВОДЫ:

1. Усовершенствована конструкция аппарата для обработки сточных вод, при использовании четырёх вертикальных флокомер, установленных в аппарате колонном электрофлокоагуляторе, что позволяет интенсифицировать процесс обработки сточных вод.

2. Результаты измерений гидромеханических параметров частиц водных растворов и математической обработки значений эффективного диаметра при исследовании процесса седиментации оптико-механическими системами, позволили получить значения эффективного диаметра, сгруппировать полученные значения по группам размерности и обработать с использованием математического аппарата.

3. Оптимизированы размеры частиц и эффективность очистки масел на коалесцирующем фильтре находятся, позволяет «улавливать» (очищать) концентрация масла в очищенной воде размером $2,25 \times 10^{-4}$ [г/см³], при начальной концентрации от 4×10^{-4} до 4×10^3 [г/см³] и размерах частиц в пределах 0,003-0,01 [см] оптимальный размер зёрен находится в пределах $\pm 15\%$,

4. Представленная технологическая схема с использованием аппарата для обработки сточных вод работает в нескольких технологических режимах, оптимальная схема движения стоков на обработку, выбирается с учётом технологических особенностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов-Данильян В.И. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев; Ин-т водных проблем РАН. – М.: Наука, 2006. – 221 с.

2. Урецкий Е.А., Николенко И.В., Мороз В.В. Разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий утилизации отходов сточных вод производств защитных покрытий и печатных плат / Е.А. Урецкий, И.В. Николенко, В.В. Мороз. – Москва : РУСАЙНС, 2022. – 172 с.

3. Бутко Д.А. Теоретические аспекты систем обработки сбросных вод скорых фильтров /

Д.А. Бутко. // Строительство и техногенная безопасность.– 2023. - №30(82). - С. 67-74.

4. Повышения эффективности осветления сточной воды на очистных водопроводных сооружениях / Г.А. Кузьмина, А.М. Молодяков // Водоснабжение и сан. техника. 2005. №9. С. 9.

5. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М., 2005. - 576 с.

6. Бусарев А.В., Шешегова И.Г. Очистка природных источников от нефтепродуктов в адсорбционных фильтрах / А.В. Бусарев, И.Г. Шешегова // Яковлевские чтения-2023. Системы водоснабжения и водоотведения. Современные проблемы и решения [Электронный ресурс] : сб. докл. участников XVIII Межд. науч.-техн. конф. памяти академика РАН С.В. Яковлева (НИУ МГСУ, Москва 16-17 марта 2023 г.): / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, институт инженерно-экологического строительства и механизации. Москва: Изд-во МИСИ – МГУ, 2023. – С. 29-33.

<https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdostupa/>.- Загл. с титул. экрана. ISBN 978-5-7264-3245-8

7. Водоснабжение / А.Я. Найманов, С.Б. Никиша, Н.Г. Насонкина, Н.П. Омельченко, В.Н. Маслак, Н.И. Зотов, А.А. Найманова // ООО «Норд Компьютер», Макеевка. - 2006. – 654 с.

8. Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ "О водоснабжении и водоотведении". https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/ee8aa46fa56094d78ddbdb70169c8e32d74c558b/

9. Инновационные технологии использования воды и водных ресурсов в системах оборотного водоснабжения(FRRS 2023-0039) (промежуточный, этап 1): отчёт НИР / ФГБОУ ВО «Мелитопольский государственный университет»; науч. рук. С.И. Мовчан; - Мелитополь, 2023 г. – 59 с.

10. Электрокоагулятор: патент №112945 Уа. МПК⁷ (2006.01) C02F1/46. Заявка № и 201605337 / С.И. Мовчан. - Заявл. 17.05.2016, опубл.10.01.2017, Бюл. № 1. 9 с.

11. Аппарат для обработки сточных вод: патент №115710 Уа. МПК⁷ (2006.01) C02F1/46. Заявка № и 201611177 / С.И. Мовчан. - Заявл. 07.11.2016, опубл. 25.04.2017, Бюл. № 8. 9 с.

12. Бунина Л.Н., Николенко И.В., Мовчан С.И. Усовершенствовании и исследование конструкции аппарата очистки сточных вод при осветлении / Л.Н. Бунина, И.В. Николенко, С.И. Мовчан // Строительство и техногенная безопасность. – 2023. - №28(80). - С. 53-60.

<https://stroyjournal-asa.ru/index.php/asa/issue/download/79/74>

13. Артамонов В.В. Процеси і апарати технології водоочистки: Навч. посібник / В.В. Артамонов, Т.В. Вижевська. – Рівне: РДТУ, 1999. – 127 с.

14. Николенко И.В., Мовчан С.И. Условия формирования и реализации процессов обработки сточных вод в системах оборотного водоснабжения

// Известия вузов. Строительство. 2024. № 1. С. 58-68.

15. Мовчан, С.И. Использование регентов в технологии обработки сточных вод гальванического производства / С.И. Мовчан // Журнал «Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры». Строитель Донбасса. №1(26)-2024. С. 22- 29. ISBN 2617-1848

16. Николенко И.В., Мовчан С.И. Интенсификация ресурсосберегающих технологий использования воды при обработке сточных вод промышленных предприятий // Водоснабжение и санитарная техника, 2024. №8. С. 30-42. DOI: 10.35776/VSI.2024.08.

17. Мовчан, С.И. Осветление сточных вод в локальном водоочистном оборудовании систем оборотного водоснабжения /С.И. Мовчан // Строительство и техногенная безопасность.– 2024. - № 35(87). - С. 73-83.

18. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024625210 Ru. База данных геометрических размеров и показателей эффективности при осветлении очистки частиц масел на коалесцирующем фильтре аппаратов напорной флотации-коагуляции / Мовчан С.И., Бунина Л.Н. // Дата регистрации 15.11.2024. Номер заявки 2024622919. Дата поступления 08.07.2024. Дата публикации 15.11.2024. Бюл. № 11.

19. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025621627 Ru. База данных показателей эффективности осветления сточных вод на коалесцирующем фильтре аппаратов напорной флотации-коагуляции / Мовчан С.И., Бунина Л.Н. // Дата регистрации 14.04.2025. Номер заявки 2024625974. Дата поступления 11.12.2024. Дата публикации 14.04.2025. Бюл. № 4.

REFERENCES

1. Danilov-Danilyan V.I. Water consumption: environmental, economic, social and political aspects / V.I. Danilov-Danilyan, K.S. Losev; Institute of Water Problems RAS. – М.: Nauka, 2006. – 221 p.

2. Uretsky E.A., Nikolenko I.V., Moroz V.V. Development and implementation of resource-saving technologies for recycling waste water from the production of protective coatings and printed circuit boards / E.A. Uretsky, I.V. Nikolenko, V.V. Freezing. – Moscow: RUSAINS, 2022. – 172 p.

3. Butko D.A. Theoretical aspects of treatment systems for waste water of rapid filters / D.A. Butko. // Construction and industrial safety. Scientific and technical journal on construction and architecture. – 2023. - № 30(82). - P. 67-74.

4. Increasing the efficiency of wastewater clarification at water treatment facilities / G.A. Kuzmina, A.M. Molodyakov // Water supply and sanitation. technique. 2005.№ 9. P. 9.

5. Draginsky V.L., Alekseeva L.P., Getmantsev S.V. Coagulation in natural water purification technology. – М., 2005. - 576 p.

6. Busarev A.V., Sheshegova I.G. Purification of natural sources from petroleum products in adsorption filters / A.V. Busarev, I.G. Sheshegova // Yakovlev Readings-2023. Water supply and wastewater systems. Modern problems and solutions [Electronic resource]: collection of reports of participants of the XVIII International Scientific and Technical Conference in memory of Academician of the Russian Academy of Sciences S.V. Yakovleva (National Research University MGSU, Moscow March 16-17, 2023); / Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. National Research Moscow State University of Civil Engineering, Institute of Engineering and Environmental Construction and Mechanization. Electron. Dan. and prog. (4.9 MB). Moscow: Publishing house MISS – MSU, 2023. – pp. 29-33. <https://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkrdstupa/>.- Загл. с титул. экрана. ISBN 978-5-7264-3245-8 https://library.ru/publisher_about.asp?pubsid=1474

7. Water supply / A.Ya. Naimanov, S.B. Nikisha, N.G. Nasonkina, N.P. Omelchenko, V.N. Maslak, N.I. Zotov, A.A. Naimanova // Nord Computer LLC, Makeevka. - 2006. – 654 p.

8. Federal Law of December 7, 2011 No. 416-FZ “On Water Supply and Sanitation”.

https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_122867/ee8aa46fa56094d78ddb70169c8e32d74c558b/

9. Innovative technologies for the use of water and water resources in recycling water supply systems (FRRS 2023-0039) (interim, stage 1): research report / Federal. state budget education establishment higher images "Melitopol State University" (Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Mel State University"); hands S.I. Movchan; performer I.V. Nikolenko and others; - Melitopol, 2023 – 59 p.

10. Electrocoagulator: patent No. 112945 Ua. IPC⁷ (2006.01) C02F1/46. Application No. u 201605337 / S.I. Movchan. - Application 05/17/2016, published 01/10/2017, Bulletin.№ 1. 9 p.

11. Apparatus for wastewater treatment: patent No. 115710 Ua. IPC⁷ (2006.01) C02F1/46. Application No. u 201611177 / S.I. Movchan. - Application 07.11.2016, publ. 04/25/2017, Bulletin. № 8. 9 p.

12. Bunina L.N., Nikolenko I.V., Movchan S.I. Improvement and study of the design of wastewater treatment apparatus for clarification / L.N. Bunina, I.V. Nikolenko, S.I. Movchan // Construction and industrial safety. Scientific and technical journal on construction and architecture. – 2023. - № 28(80). - P. 53-60.

<https://stroyjournal-asa.ru/index.php/asa/issue/download/79/74>

13. Artamonov V.V. Processes and equipment of water treatment technology: Basic. Pos_bnik / V.V. Artamonov, T.V. Vizhevskaya. – Rivne: RDTU, 1999. – 127 p.

14. Nikolenko I.V., Movchan S.I. Conditions of formation and implementation of processes of treatment of wastewater in the systems of circulating water supply // Izvestia universities. Construction. 2024. 1. p. 58-68.

15. Movchan, S. I. Use of reagents in the technology of treatment of waste water from galvanic production/ S. Movchan // Journal «Bulletin of Donbas National Academy of Construction and Architecture». Builder of Donbass. 1(26)-2024. S. 22- 29. ISVN 2617-1848

16. Nikolenko I.V., Movchan S.I. Intensification of resource-saving technologies for water use in wastewater treatment of industrial enterprises // Water supply and sanitation, 2024. 8. С. 30-42. DOI: 10.35776/VSI.2024.08.

17. Movchan, S.I. Wastewater clarification in local water treatment equipment of circulating water supply systems /S.I. Movchan // Construction and technological safety. Scientific and technical journal on construction and architecture. - 2024. - No. 35 (87). - P. 73-83.

18. Certificate of state registration of the database No. 2024625210 Ru. Database of geometric dimensions and performance indicators for clarification of oil particle purification on the coalescing filter of pressure flotation-coagulation devices / Movchan S.I., Bunina L.N. // Date of registration 11/15/2024. Application number 2024622919. Date of receipt 07/08/2024. Date of publication 11/15/2024. Bulletin No. 11.

19. Certificate of state registration of the database No. 2025621627 Ru. Database of performance indicators for wastewater clarification on the coalescing filter of pressure flotation-coagulation devices / Movchan S.I., Bunina L.N. // Date of registration 14.04.2025. Application number 2024625974. Date of receipt 11.12.2024. Date of publication 14.04.2025. Bulletin No. 4.

SEWAGE TREATMENT IN LOCAL WATER TREATMENT EQUIPMENT WATER RECYCLING SYSTEMS

Movchan S.I.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Melitopol State University"

Address: Zaporozhye region, Melitopol, B. Khmelnytsky Ave., 18

e-mail: msi.movchan@gmail.com

Abstract. The issues of technical support for the process of wastewater clarification during the treatment of wastewater from industrial enterprises on local technological equipment with a capacity of 1-10 m³/hour are considered. The presented technological scheme and equipment, research in the circulating water supply system of the engine testing shop area, allows for wastewater treatment along various technological lines, in several modes and parameters with different contamination compositions and constant monitoring of the treated wastewater, according to the main indicators.

Wastewater clarification is carried out using a technological scheme, including pressure electroflotocoagulation in devices for local wastewater treatment using several technological lines and modes. The incoming processing water is collected in a receiving collector, undergoing processing in a wastewater treatment apparatus, and is processed in several modes along its own technological lines. Water samples are monitored (sampled) at all stages of clarification. To intensify the clarification process, a reaction pipe is installed in the center of the apparatus. The use of a saturator installed outside the apparatus helps to increase the degree of intensification of clarified waters.

The use of local equipment in recycling water supply systems aimed at wastewater clarification is based on a new set of design and technological solutions that provide a greater degree of wastewater clarification. Further mathematical processing of the obtained results makes it possible to optimize the clarification process itself, reduce water treatment costs and ensure the environmental safety of water bodies.

Subject: patterns and features of the process of wastewater clarification in devices for local wastewater treatment of industrial enterprises.

Material and methods: The work used methods of mathematical and physical modeling of hydrodynamic processes, and the obtained results of experimental studies were processed using known methods, by comparing the numerical result with the data of industrial research using methods of mathematical statistics.

Results: A technological scheme for clarification of wastewater using pressure electroflotation coagulation devices using local wastewater treatment devices used in recycling water supply systems has been developed and tested. The used technological scheme for the movement of wastewater for treatment in pressure electroflotation-coagulation and pressure flotation apparatus, which allows increasing the degree of wastewater clarification, optimizing the processing time and the resulting technological parameters for wastewater clarification.

Key words: water deficit, clarification, wastewater, coalescing filter, initial concentration, filtration grains, hydraulic fineness, pressure flotation devices, recycling water supply systems, hydrodynamic processes

The work was carried out within the framework of the state assignment for the provision of public services (performance of work) № 075-03-2025-418 om 17.01.2025 z. No 075-00663-24-03 dated May 14, 2024 «Innovative technologies for the use water and water resources in recycling water supply systems (FRRS 2023-0039)»