

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Сергей Мовчан

Таврический государственный агротехнологический университет
Адрес: 72310 Запорожская обл., г. Мелитополь, пр. Б. Хмельницкого, 18
E-mail: e - mail: movchantsaa@rambler.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы интенсификации работы оборотных систем водоснабжения, за счёт увеличения эффективности обработки сточных вод, повышения надёжности оценки качества их очистки и использования экологически безопасных способов утилизации, образующегося осадка, решение которых позволяет решить не только техническую задачу но и экологическую проблему.

Ключевые слова: оборотные системы водоснабжения, интенсификация работы, оперативные средства контроля, управление процессом очистки, утилизация осадков сточных вод, реагенты.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленные предприятия являются главными потребителями воды из водных источников страны. Большая часть этой воды используется в оборотных системах и циклах отдельных участков разных отраслей хозяйственной деятельности. Поэтому обеспечение надёжного водопотребления и эффективного выполнения технологических операций является основной задачей эксплуатации систем оборотного водоснабжения.

Сточные воды гальванического производства непостоянны по химическому составу и могут изменяться в широких пределах. В таких водах содержится 0,5 ... 500 мг/л двух- и трёхвалентного железа; 0,07 ... 95 мг/л общего хрома; 0,1 ... 3,6 мг/л двухвалентного никеля; 0,15 ... 32 мг/л двухвалентной меди; 0,01 ... 50 мг/л двухвалентного свинца; 0,05 ... 10 мг/л цианидов; 0,15 ... 3,5 мг/л нефтепродуктов и 10...900 мг/л нерастворимых минеральных веществ [6].

Гальванические производства существенно отличаются по номенклатуре покрытий, виду и мощности производства, номенклатуре обрабатываемых деталей; их различают по габаритам и массе, условиям организации водного хозяйства промышленных предприятий. При этом удельный расход воды находится в пределах от $1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3$ до 4 м^3 на 1 м^2 гальванопокрытий.

Среднегодовой объём загрязнённых сточных вод, сбрасываемых только промышленностью, составляет около 500 млн. м^3 , что оказывает существенный вклад на неудовлетворительное состояние водных объектов. Повышение антропогенного влияния на водные объекты связано с постоянно снижающейся производительностью очистных сооружений. Кроме того, не на должном уровне решаются вопросы подготовки воды, используемой в том или ином технологическом процессе, что очень ярко

проявляется при глубокой очистке сточных вод в широком диапазоне и номенклатуре компонентов загрязнителей [6, 9].

Кроме того, оперативные средства контроля, используемые для оценки качества очистки сточных вод, не в полной мере отвечают современным требованиям, выдвигаемых к технологии водоочистного оборудования. Связано это не только с точностью контроля качества очистки и принятия оперативных решений, а и разработкой новых, более чувствительных, точных, селективных и не слишком дорогостоящих методов оперативного анализа и контроля.

Необходимо отметить, что в общем балансе очистке сточных вод, весомая часть принадлежит отходам, образующихся при их обработке. В конце двадцатого столетия общий объём реализованной в Украине воды превысил 3,3 млрд. м^3 , из которых 2,9 млрд. м^3 в виде городских сточных вод пропущено через очистные сооружения, с образованием осадков, в объёме 1,1 млн. т по сухому веществу [10, 12].

Кроме того, осадки сточных вод относятся к числу экологически опасных отходов. Во многих случаях вопросы его обезвреживания и экологически безопасного размещения в природной среде не решены, а иногда решаются без учёта экологического равновесия в природе.

Решение вопросов повышения надёжности работы систем гибких автоматизированных гальванических линий позволяет решать вопросы повышения надёжности в комплексе, что является важным в работе водоочистного оборудования [6].

Поэтому важным является не только развитие научных и практических основ повышения экологической безопасности эксплуатации систем водоснабжения, но и разработкой комплексных методов интенсификации работы оборотных систем водоснабжения. Комплексные методы должны не только повысить уровень интенсификации работы оборотных систем водоснабжения, но и решать вопросы, связанные с улучшением качества очистки

сточных вод, оценкой их качества и эффективной утилизацией образующихся при этом осадков.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Интенсификация работы оборотных систем водоснабжения промышленных предприятий является одной из главных проблем, решение которой зависит от многих факторов, определяющих не только надежность, но и эффективность работы очистных сооружений и промышленности в целом.

Вопросам интенсификации отдельных составных частей оборотных систем водоснабжения посвящены как монографии и учебные пособия [4, 5, 8, 11, 22, 23], так и диссертационные исследования разных уровней [7, 9, 21, 24] рассматривающие работу оборотных систем водоснабжения, очистки и подготовки воды, а также утилизации и обработки осадков, образующихся в процессах водоподготовки.

Рассмотрены вопросы эксплуатации систем водоснабжения в которых обобщены результаты прогрессивной технологии очистки природных вод, с использованием реагентов, позволяющие очищать, кондиционировать и обезвреживать природные воды [5].

Реагентная обработка очистки сточных вод широко используется, как один из надёжных методов доочистки сточных вод. При этом широкая номенклатура реагентов позволяет достигнуть высоких значений при интенсификации работы систем водоснабжения [8].

Способы построения гибкого автоматизированного производства из технологических модулей в соответствии с требованиями стандартов, которые обеспечивают экологическую чистоту гальванического производства – являются важным вопросом, обеспечивающим надёжную работу оборотных систем водоснабжения [6].

Фильтрация является одним из наиболее надёжных и эффективных способов доочистки воды, поэтому интенсификация процесса доочистки позволяет повысить надёжность их работы, которая достигается за счёт улучшения качества обработки воды [7].

Одной из важных проблем для крупных городов является образующийся осадок, накапливающийся на иловых площадках. Поэтому использование методов интенсификации процесса обезжелезивания осадков городских сточных вод на иловых площадках позволяет решить не только техническую задачу, но и экологическую, которая связана с уменьшением влияния на водные объекты и ограничением влияния на окружающую среду [10, 12, 24].

Одним из направлений интенсификации работы водоочистных сооружений является повышение надёжности работы отдельных её составных частей, которая достигается в работе

систем промышленного водоснабжения [11].

Теоретически обоснованы и разработаны методы интенсификации работы системы водообеспечения, которые позволяют решить задачи водоснабжения крупных промышленных городов и объектов хозяйственной деятельности [21].

В монографии изложены научные основы повышения эффективности работы сооружений водоснабжения при подготовке питьевой воды с использованием ресурсосберегающих технологий, позволяющие решать не только технические задачи, а и экологические [22].

При реконструкции и интенсификации сооружений водоснабжения и водоотведения важное значение приобретает надёжная и эффективная работа отдельных её элементов и составных частей: пористых фильтров, распределительных систем и др. [23].

Вопросы экологической безопасной технологии обработки осадков рассматриваются совместно с вопросами их рационального использования при утилизации и обезвреживании осадков [12, 24].

При очистке сточных вод гальванического производства важное значение приобретают вопросы комплексной их переработки, при этом рассмотрены принципы создания и функционирования малоотходных технологических схем переработки сточных вод гальванического производства. Выполнен анализ экономических и экологических аспектов применения различных методов регенерации, утилизации и очистки сточных вод. При этом, особое внимание уделено вопросам рационального использования воды в гальваническом производстве и охране окружающей среды [9].

В процессах очистки сточных вод важное значение приобретает конструирование и эксплуатация водоочистного оборудования. Сточные воды гальванического производства различны по своему составу, поэтому в каждом конкретном случае вопрос комплектования блоками очистки решается исходя из особенностей обработки сточных вод и последующего её использования в оборотных системах водоснабжения промышленных предприятий. Рассмотрены вопросы использования и применения в промышленности водоочистного оборудования, которые тесно связаны с охраной окружающей природной среды и рациональным использованием водных ресурсов. Описаны действующие и перспективные конструкции аппаратов, представлены рекомендации по их выбору и размещению в схемах систем подготовки воды [4].

Анализ литературных источников позволяет отметить, что не каждое направление научных исследований решает вопросы интенсификации

работы оборотных систем водоснабжения в комплексе. Поэтому решение вопросов повышения эффективности работы оборотных систем водоснабжения определяет актуальность выбранного направления исследований.

Кроме того, повышение уровня интенсификации работы оборотных систем водоснабжения возможно за счёт решения этого вопроса в комплексе, который позволяет повысить степень очистки, обеспечить эффективность оценки качества их очистки и использовать экологически безопасные способы для утилизации образующегося осадка.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы состоит в разработке теоретически обоснованных и экспериментально подтвержденных методов интенсификации работы оборотных систем водоснабжения, направленных на решение важной народно – хозяйственной задачи упорядочения работы оборотных систем водоснабжения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи, функционально связанные между собой в технологии работы оборотных систем водоснабжения:

1. Повысить эффективность очистки сточных вод промышленных предприятий, за счёт использования химических компонентов при нейтрализации ионов тяжёлых металлов гальванических отделений.

2. Разработать новые и усовершенствовать существующие оптические методы контроля качества очистки сточных вод, за счёт определения гидромеханических параметров частиц водных растворов.

2. Для обеспечения экологической безопасности, снижения уровня нагрузки на водные объекты и уменьшения их загрязнения использовать экологически безопасные способы утилизации осадков сточных вод.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Решение вопросов интенсификации работы оборотных систем водоснабжения промышленных предприятий необходимо решать по каждому из рассматриваемых направлений.

Как показала практика обработки сточных вод гальванического производства, содержание в сточных водах большого количества химических компонентов в широком диапазоне, накладывает свой отпечаток не только на их очистку (нейтрализацию, обезвреживание), а также на выбор технологии и оборудования.

Кроме того, очистка сточных вод, является той отправной точкой, которая определяет эффективность работы всех составных частей оборотных систем водоснабжения и уровень интенсификация их работы.

При очистке сточных вод гальванического производства используются реагенты, которые позволяют повысить эффективность их очистки от ионов тяжёлых металлов.

В качестве химических компонентов используются химические компоненты в определённом соотношении к шестивалентному хрому: Cr^{6+} : ПАВ (поверхностно - активные вещества): NaOH (едкий натрий) : $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ (пирофосфат натрия): Na_2SiO_3 (метасиликат натрия): Na_2CO_3 (сода кальцинированная): $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ (триполифосфат натрия), с общей концентрацией в пределах 50 ... 100 мг / дм^3 [1, 2, 15, 17, 19].

Соотношение химических компонентов к Cr^{6+} (мас. ч.) приведено в таблице 1.

Таблица 1. Соотношение химических компонентов к Cr^{6+} (мас. ч.)
Table 1. Chemical components and Cr^{6+} (mass part)

ПАВ	0,15 ... 0,5
едкий натрий (NaOH)	0,05 ... 0,5
пирофосфат натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$)	0,15 ... 0,5
метасиликат натрия (Na_2SiO_3)	0,15 ... 0,5
сода кальцинированная (Na_2CO_3)	0,05 ... 0,5
триполифосфат натрия ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$)	0,05 ... 0,5,

Введение химических компонентов осуществляется в определённой последовательности

и соотношении к шестивалентному хрому. Последовательность введения химических веществ, время до и после введения приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Эффективность очистки сточных вод гальванического производства, с использованием поверхностно – активных веществ, с введением в начале процесса

Table 2 – The efficiency of galvanic production wastewater treatment with the introduction of the surfactants at the beginning of the process

№ п / п	Реагент	Время перед предыдущим введением, минут	Время введения (работы) реагенту, минут	Эффективность очистки, %		
				Ионы тяжёлых металлов	Взвешенные вещества	Масла та нефтепродукты
1.	ПАВ	-	3	97,0	97,0	96,0
2.	Na OH	1 - 2	4	96,0	95,0	97,0
3.	Na ₂ CO ₃	1 - 2	5	97,0	97,0	96,5
4.	Na ₄ P ₂ O ₇	2 - 3	5	97,5	99,0	97,0
5.	Na ₅ P ₃ O ₁₀	3 - 4	5	98,5	97,0	97,0
6.	Na ₂ Si O ₃	4 - 5	5	98,0	98,0	96,5

На первом этапе добавляют ПАВ, далее едкий натрий (Na OH), которые вводят при общей температуре водного раствора 40 – 50 °С и вода с повышенным содержанием жирных компонентов, образуя раствор мыльных продуктов, снижает поверхностное натяжение и натяжение между фазами, вследствие адсорбции и ориентирования молекул на поверхности раздела.

На следующем этапе используют соду кальцинированную (Na₂ CO₃), которая образует определённую кислотность в процессе гидролиза, вследствие протекающих химических реакций с водой, при введении солей фосфорных и полифосфорных кислот, а именно пиррофосфата натрия (Na₄ P₂ O₇) и тринатрий фосфата (Na₅ P₃ O₁₀), которые эффективно очищают сточные воды, с повышенным содержанием солей кальция и магния сточной воды, эффективно их связывая, при добавлении метасиликат натрия (Na₂ Si O₃), когда вода характеризуется низким уровнем кислотности, принимая коллоидную форму, усиливая ингибирующее действие раствора при очистке сточных вод.

Одним из основных показателей обработки сточных вод является эффективность очистки от ионов тяжёлых металлов. Показатели эффективности отработанного моющего раствора (ОМР), в зависимости от состава и соотношения химических компонентов приведено в табл. 3.

При введении ПАВ затраты электрической энергии практически не меняются и находятся на уровне 2,3 ... 2,5 кВт/ час. м³, что также не существенно влияет на объём образующегося при этом осадка, который составляет 2,0 ... 2,15 от первоначального объёма.

На следующем этапе добавляются следующие компоненты: метасиликат натрия (Na₂SiO₃), сода кальцинированная (Na₂CO₃) которые позволяют на 15 – 20 % снизить объём образующегося осадка, что составляет 1,50 ... 1,75 от первоначального объёма и на 10 ... 15 % уменьшить затраты электрической энергии, которые составляют 1,85 – 1,90 кВт/ час. м³.

С введением следующего компонента триполифосфат натрия (Na₅ P₃ O₁₀) происходит уменьшение затрат электрической энергии **что** составляет 1,75 ... 1,85 кВт/ час. м³, объём образующегося осадка снижает до 1,45 ... 1,70.

В конце комплекса добавляют пиррофосфат натрия (Na₄ P₂ O₇), который не в полном объёме уменьшает объём осадка, что связано с стабилизирующим действием пиррофосфата, а затраты электрической энергии существенно уменьшаются и достигают значения 1,25 ... 1,50 кВт / час. м³.

Таблица 3 – Показатели эффективности отработанного моющего раствора, в зависимости от состава и соотношения химических компонентов

Table 3 – Performance indicator of used washing materials, depending on chemical composition and ratios of components

№ п / п	Основной компонент	Состав химических компонентов	Эффективность очистки, %
1.	Cr ⁶⁺	ПАВ : Na ₂ Si O ₃ : Na ₂ CO ₃ : Na ₅ P ₃ O ₁₀	98,0 ... 98,5
2.	Cr ⁶⁺	Na ₂ Si O ₃ : Na ₄ P ₂ O ₇ : Na ₂ CO ₃ : Na ₅ P ₃ O ₁₀	98,5 ... 99,5
3.	Cr ⁶⁺	ПАВ : Na ₄ P ₂ O ₇ : Na ₂ Si O ₃ : Na ₂ CO ₃ : Na ₅ P ₃ O ₁₀	98,5 ... 99,5
Порядок введения химических компонентов по этапам			
4.	Cr ⁶⁺	ПАВ	99,0 ... 99,5
5.	Cr ⁶⁺	Na ₂ Si O ₃ : Na ₂ CO ₃	98,0 ... 99,5
6.	Cr ⁶⁺	Na ₄ P ₂ O ₇	98,0 ... 99,5
7.	Cr ⁶⁺	Na ₅ P ₃ O ₁₀	99,0 ... 99,5

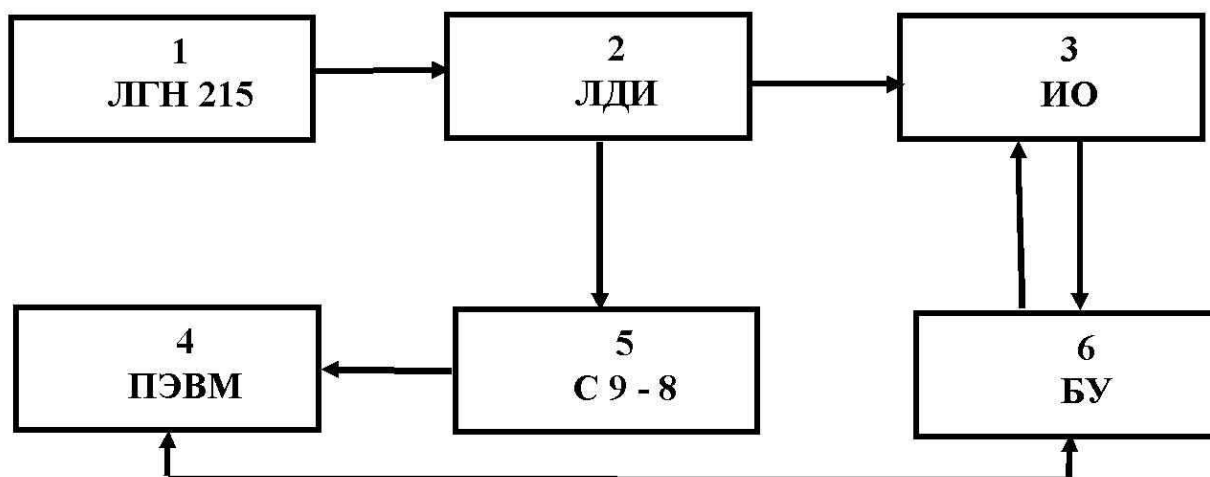


Рис. 1 Блок - схема лазерного доплеровского интерферометра для контроля параметров частиц в сточных водах: 1 - лазер ЛГН - 215; 2 - лазерный доплеровский интерферометр; 3 - исследуемый объект и узел сканирования (измерительная ячейка); 4 - персональная электрическая вычислительная машина (ПЭВМ «Нейрон»); 5 - цифровой запоминающий осциллограф С - 9 - 8; 6 - блок управления исследуемого процесса

Fig. 1 Block diagram of the laser Doppler interferometer to control the parameters of the particles in the waste waters: 1 – laser LGN - 215; 2 – laser Doppler interferometer; 3 – the object of study and the node of scanning (a measuring); 4 – the personal computer (HS Neuron); 5 – the digital storage oscillograph С 9 - 8; 6 – the control unit of the process

Таким образом, использование комплекса химических веществ, введение которых обусловлено их последовательностью и временем до и после предыдущего компонента, позволяет стабилизировать и достичь эффективность очистки сточных вод на уровне 98,5 ... 99,5 %.

Оценку качества очистки сточных вод проводили с использованием современных оптических схем, позволяющих определять в режиме реального времени (рис. 1). Использование разработанных оптических схем позволяет представить качественную очистку сточных вод в широком диапазоне загрязнений, за счёт определения гидромеханических параметров частиц водных растворов: электрофоретической скорости, электрокинетического дзета - потенциала и размеров частиц (эффективного диаметра) [13, 14, 16, 18, 20].

Основные технические характеристики разработанной блок - схемы лазерного

доплеровского интерферометра для контроля гидромеханических параметров частиц водных растворов представлены в таблице 4.

Использование ПЭВМ и специально разработанных программ обеспечивает автоматизацию, и управления процесса измерения параметров частиц в реальном времени и обработки экспериментальных данных.

При утилизации осадков, образующихся при очистке сточных вод, необходимо рассмотреть санитарно – экологические требования, которые к ним предъявляются при их получении и дальнейшей утилизации.

Производственные и бытовые сточные воды являются источником образования большого количества редких осадков (шлама), вследствие чего их обработка создаёт условия для разработки экологически безопасных способов их утилизации.

Таблица 4 Основные технические характеристики разработанной блок - схемы лазерного доплеровского интерферометра контроля параметров частиц водных растворов

Table 4 – Basic specifications of the developer flowchart of laser Doppler interferometer to control parameters of the particles of water solutions

№ п / п	Наименования параметров	Значение параметров измерения
1.	Диапазон измеряемых скоростей частиц, м / с	$10^{-3} \dots 10^2$
2.	Диапазон измеряемых диаметров частиц, мкм	10 ... 500
3.	Расстояние до исследуемого объекта, мм	10 ... 1000
4.	Размеры зондируемой зоны, мм	0,01 ... 1,0

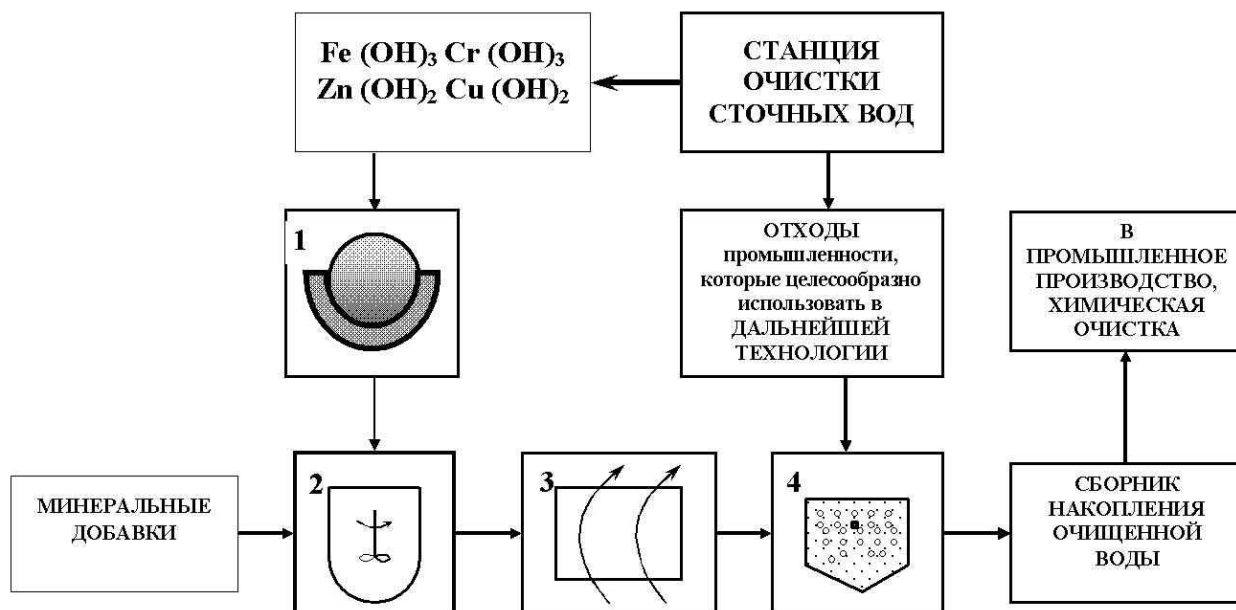


Рис. 2 Технологическая схема утилизации осадков сточных вод промышленных предприятий: 1 - устройство для обезвоживания осадков; 2 - камера реакции; 3 - камера тщательного перемешивания; 4 - установка для сушки

Fig. 2 Technological scheme of sewage sludge disposal for industrial enterprises: 1 - the device; 2 - the reaction; 3 - the thorough; 4 - the apparatus for drying

При обработке осадков (шламов), образующихся вследствие химической и электрохимической обработки сточных вод, необходимо выполнить две основные операции: концентрация твёрдой фазы, за счёт выделения излишней воды и выделение осадков из воды, которая поступает непосредственно на очистку. Однако, в большинстве случаев, вследствие непосредственного сбрасывания осадков сточных вод в окружающую среду, которые не обработаны, не всегда имеется возможность их утилизировать.

Технологическая схема утилизации осадков сточных вод промышленных предприятий представлена на рис. 2.

Разработанная технологическая схема утилизации осадков (шламов) производственных сточных вод гальванических отделений обеспечивает следующие технические параметры: производительность (по сухому остатку) 1 ... 2 т / сутки; удельные минеральные добавки – 15 ... 25 % (от общей массы осадка); удельные затраты электрической энергии до 6 ... 8 кВт час / тонну; удельные затраты водоотведения промышленности 10 ... 15 % (от общей массы осадка).

Для обеспечения экологической безопасности утилизации осадков предполагается их использование в качестве добавок в строительной индустрии, при изготовлении строительных материалов [3].

Используя соответствующие технологии обработки шламов можно получить обезвоженные осадки сточных вод в виде брикетов, которые принимают любую форму. Полученные таким образом осадки используют в строительстве полигонов твёрдых бытовых стоков, при складировании, а также, в процессах химической очистке сточных вод, при их нейтрализации или обезвреживании.

ВЫВОДЫ

Анализ современного состояния работы оборотных систем водоснабжения подтверждает актуальность исследований, направленных на теоретическую разработку и практическое усовершенствование комплексных методов интенсификации работы оборотных систем водоснабжения.

1. Для повышения эффективности очистки сточных вод промышленных предприятий используется комплекс химических веществ, в определённом соотношении к шестивалентному хрому, что позволяет стабилизировать эффективность очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов до 99,0 ... 99,5 %, при высоких начальных концентрациях загрязняющих компонентов, главным образом шестивалентного хрома и других ионов тяжёлых металлов. При этом затраты электрической энергии уменьшаются на 10

... 15 % с 7,1 ... 9,2 кВт год. / м³ до 5,8 ... 6,3 кВт год. / м³.

2. С использованием современных оптических методов лазерной доплеровской интерферометрии, разработано методику определения гидромеханических параметров частиц водных растворов, для оценки качества очистки сточных вод, позволяющие автоматизировать и управлять процессами их измерения. При этом, максимально допустимая погрешность алгоритма оптимизации определения гидромеханических параметром частиц водных растворов, при решении обратной задачи, составляет 6 %. При значениях максимального диаметра частицы $D = 7,5 \text{ мкм}$, измерительная лазерная установка имеет следующие параметры: $d = 0,1 \text{ мм}$, $\alpha = 8^\circ$ и $E = 2B / \text{мм}$.

3. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработана технология обезвоживания осадков сточных вод, с их дальнейшим использованием в качестве добавок в строительной индустрии, при которой объём осадка уменьшается в 2,0 ... 2,5 раза. При обезвоживании осадков величина избыточного давления составляет 1,5 ... 2,0 атм. и влажностью на уровне 78 ... 84 %. Удельный вес находится в диапазоне 970 ... 2120 кг / м³, а удельные затраты электрического тока - 6 ... 8 кВт час / тону.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. № 1730045 СССР, МКИ С02F1/46. Способ очистки хромсодержащих сточных вод / Н. И. Бунин, С. И. Мовчан; Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства. - № 4670283 / 26; заявл. 30. 03. 89; опубл. 30. 04. 92, Бюл. № 16.
2. А.с. № 1730046 СССР, МКИ С02F1/46. Способ очистки хромсодержащих сточных вод / Н. И. Бунин, С. И. Мовчан; Мелитопольский институт механизации сельского хозяйства - № 4670283 / 26; заявл. 30. 03. 89; опубл. 30. 04. 92, Бюл. № 16.
3. А.с. № 1668151 СССР, МКИ В28В7/38. Смазка для форм / Н.И. Бунин, Л.И. Дворкин, И.А. Шамбан, С.И. Мовчан; Украинский институт инженеров водного хозяйства - 466452 / 33; заявл. 30. 03. 89; опубл. 07. 08. 91, Бюл. № 29.
4. Веселов Ю. С. 1985 Водоочистное оборудование: Конструирование и использование / Ю. С. Веселов, И. К. Лавров, Н. И. Рукобратский - Л.: Машиностроение, Ленинградск. отдел. - 232.
5. Водопостачання (очистка природних вод): навч. посібник / С. М. Епоян, Г. І. Сухоруков, О. Г. Друшляк, В.В. Шилін. - Харків: Основа, 2001. - 191.
6. Гибкие автоматизированные гальванические линии: Справочник / В. Л. Зубченко, В. И. Захаров, В. М. Рогов и др.; Под общ. ред. В. Л. Зубченко. - М.: Машиностроение, 1989. - 672.
7. Гироль Н. Н. 1994 Интенсификация процесса доочистки сточных вод фильтрованием; дис. доктора техн. наук: 05.23.04 / Гироль Николай Николаевич. - Харьков. - 384.
8. Душкин С. С. 1991 Интенсификация реагентных методов очистки воды: учебное пособие / С. С. Душкин. - К.: УМК ВО. - 168.
9. Запольский А. К. 1989 Комплексная переработка сточных вод гальванического производства / А. К. Запольский, В. В. Образцов. - К.: Тэхника. - 199.
10. Есин А. М. 1998 Интенсификация процесса обезвоживания осадков городских сточных вод на иловых площадках: дис. канд. техн. наук: 05.23.04 / Есин Анатолий Михайлович. - Харьков. - 146.
11. Орлов В. О. 1989 Интенсификация работы водоочистных сооружений / В. О. Орлов, Б. И. Шевчук. - К.: Будывельник. - 125.
12. Нездойминов В., Чернышев В. 2011 Новая экологически безопасная технология утилизации осадков // MOTROL. Motoryzacia i energetyka rolnictwa. - Volume 13C. - 17 - 23.
13. Пат. № 45077А Україна, МПК⁷ G01N15/25. Спосіб вимірювання швидкості, дзета - потенціалу і розмірів частинок / М. І. Бунін, М. В. Морозов, В. В. Солодов, С. І. Мовчан. - № у 2001042911, заявл. 27.04. 2001, опубл. 15. 03. 2002, Бюл. № 3.
14. Пат. № 50226А Україна, МПК⁷ G01 N15/00. Спосіб вимірювання швидкості і ефективного діаметра частинки / М. В. Морозов, С. І. Мовчан. - № у 2001118059; заявл. 26. 11. 2001; опубл. 15. 10. 2002, Бюл. № 10.
15. Пат. № 9877А Україна, МПК⁷ C02F1/46. Спосіб обробки стічних вод гальванічного виробництва промислових підприємств / С. І. Мовчан. - № у 2005 03515; заявл. 14. 04. 2005, опубл. 17. 10. 2005, Бюл. № 10.
16. Пат. № 34874А Україна, МПК⁷ G 01 N 15 / 00. Спосіб вимірювання ефективного діаметру та концентрації частинок у розчині / М. В. Морозов, С. І. Мовчан. - № у 2008 03869; заявл. 27. 03. 2008, опубл. 26. 08. 2008, Бюл. № 16.
17. Пат. № 45347 Україна, МПК⁷ C 02 F 1 / 46. Спосіб очищення стічних вод гальванічного виробництва / С. І. Мовчан. - № у 2009 04539, заявл. 07. 05. 2009; опубл. 10. 11. 2009, Бюл. № 21.
18. Пат. № 58534 Україна, МПК⁷ G 01 N 15 / 00. Пристрій для вимірювання швидкості частинки домішок в рідині / М. В. Морозов, С. І. Мовчан. - № 2010 14210; заявл. 29. 11. 2010, опубл. 11. 04. 2011, Бюл. № 7.
19. Патент на корисну модель № 64255 Україна, МПК⁷ C 02 F 1 / 46. Спосіб очищення стічних вод гальванічного виробництва комплексом хімічних компонентів / С. І. Мовчан, М. В. Морозов. - № у 2010 132249, заявл. 08. 11. 2010; опубл. 10. 11. 2011, Бюл. № 21.
20. Патент на корисну модель № 79914 Україна, МПК⁷ G 01 N 15 / 00. Спосіб вимірювання швидкості частинки в розчині при електрофорезі / М. В. Морозов, С. М. Епоян, С. І. Мовчан. - № 2012 11 263; заявл. 28. 09. 2012, опубл. 13. 05. 2013, Бюл. № 8.

21. Петросов В. А. 2001 Теоретическое обоснование и разработка методов интенсификации работы систем водообеспечения; дис. доктора техн. наук: 05.23.04 / Петросов Валерий Альбертович. – Харьков. – 320.
22. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды: монография / С. М. Эпоян, Г. И. Благодарная, С. С. Душкин, В. А. Сташук. – Харьков.: ХНАГХ, 2013. – 190.
23. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения: Учебное пособие / А. А. Василенко, П. А. Грабовский, Г. М. Ларкина, А. В. Полищук, В. И. Прогульный. – Киев – Одесса: КНУСА, ОГАСА. – 2007. – 307.
24. Эпоян С.М. 1997 Интенсификация процессов очистки городских сточных вод и обработки осадков; дис. доктора техн. наук: 05.23.04 / Эпоян Степан Михайлович. – Харьков. – 319.