

Таблица 3. Исследование состава воды после обработки реагентом-осадителем фосфатом натрия и коагулянтом сульфатом алюминия

Показатель	После отстаивания в течение 4 ч	После фильтрования	Требования СанПиН
Концентрация железа, мг/л	1,5...2,0	0,1...0,2	0,3
Взвешенные вещества, мг/л	1,5...3,0	-	1,5...2,0
Цветность, град	менее 20	менее 20	20
Жесткость, мг-экв/л	4,2	3,6...4,0	-
Щелочность, мг-экв/л	3,3	3,6	-
pH	7,5...8	7,5...8	6...9
Окислительно-восстановительный потенциал системы, Eh, В	0,228	0,244	-
Перманганатная окисляемость, мг-О ₂ /л	4,5...5,5	4,5...5,0	5,0
Остаточное содержание фосфатов, мг/л	1,0...1,5	1,0...1,5	менее 3,5
Остаточное содержание алюминия, мг/л	0,2...0,4	0,2...0,4	менее 0,5

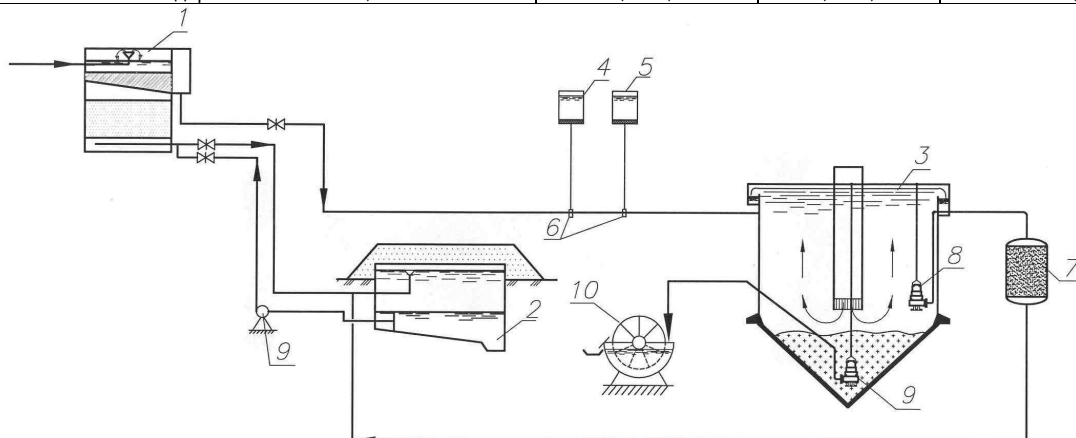


Рис. 2. Технологическая схема очистки промывных вод реагентами-осадителями с использованием резервуара-отстойника
 1 – фильтр обезжелезивания; 2 – резервуар чистой воды; 3 – отстойник промывных вод; 4, 5 – сооружения реагентного хозяйства коагулянта и реагента-осадителя фосфата натрия; 6 – смесительные устройства; 7 – барьерный механический фильтр; 8 – погружной насос подачи осветленной воды на доочистку на барьерный фильтр; 9 – погружной насос перекачки осадка на обезвоживание; 10 – сооружения механического обезвоживания (вакуум-фильтр)

образующийся при очистке промывных вод реагентами фосфатом натрия Na_3PO_4 и сульфатом алюминия $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ хорошо уплотняется и отдает воду, поэтому в схеме (рис. 2) для его обезвоживания предусмотрен вакуум-фильтр.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод очистки промывных вод станций обезжелезивания подземных вод от соединений железа реагентами-осадителями Na_3PO_4 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ является высокоэффективным устройством и может применяться как при новом строительстве, так и при реконструкции существующих сооружений. При использовании рекомендуемой технологии уменьшатся строительные объемы и энергозатраты на эксплуатацию, снизится себестоимость отпускаемой потребителю воды и сократится загрязнение водных объектов соединениями железа.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.04.02 – 84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения". – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. Румянцев Л.П. Брызгальные установки для обезжелезивания воды. – М., Стройиздат, 1973. - 104 с.
3. Пат. 1724 ВУ, МПК C02F 1/54. Устройство для обработки промывных вод станций обезжелезивания / Житенев Б.Н., Шеина Л.Е. – № u20040230; Заявл. 10.05.2004; Опубл. 30.12.2004 / Гос. реестр полезн. моделей.
4. Пат. 3759 ВУ, МПК C02F 1/54, C02F 3/00. Устройство для очистки и повторного использования промывных вод станций обезжелезивания / Житенев Б.Н., Науменко Л.Е. – № u20070073; Заявл. 01.02.2007; Опубл. 30.08.2007 / Гос. реестр полезн. моделей.

Материал поступил в редакцию 06.02.08

GITENEV B.N., NAUMENKO L.E. Results of testing a technology of the treatment of backwash waters of the stations of iron removal by reagents in factory conditions

Results of testing a technology of the treatment of backwash waters of the station of iron removal № 4 in Brest by reagents are described. New developed and patented technology of the treatment of backwash waters formed on the station of iron removal allows to prevent the pollution of natural resources, to reduce the consumption of raw water on own necessities.

УДК 628.162.1

Житенёв Б.Н., Науменко Л.Е.

К РАСЧЕТУ МЕХАНИЧЕСКИХ СМЕСИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

ВВЕДЕНИЕ

В системах очистки природных и сточных вод широкое применение находят методы улучшения качества воды с использованием

реагентов. В частности коагулирование является в настоящее время одним из важнейших технологических приемов изменения агрегативного состояния примесей воды. Эффективность этого процесса в

Таблица 1. Значения коэффициента динамической вязкости воды при различной температуре

Температура воды, °С	2	6	10	14	18	22
Коэффициент динамической вязкости, Па·с	$1,673 \cdot 10^{-3}$	$1,473 \cdot 10^{-3}$	$1,308 \cdot 10^{-3}$	$1,171 \cdot 10^{-3}$	$1,056 \cdot 10^{-3}$	$0,958 \cdot 10^{-3}$

Таблица 2. Характеристики механических смесителей (по данным [4])

Тип мешалки	Геометрическая характеристика			Значения постоянных		Примечание
	$\frac{H_0}{d}$	$\frac{D}{d}$	$\frac{h}{d}$	C	m	
Двухлопастная	2	2	0,36	111,0	1,0	$Re_u < 20$
Двухлопастная	2	2	0,36	14,35	0,31	$Re_u = 100 - 5 \cdot 10^4$
Двухлопастная	3	3	0,33	6,8	0,2	$Re_u = 100 - 5 \cdot 10^4$
Двухлопастная с лопастями под углом 45°	3	3	0,33	4,05	0,2	$Re_u = 100 - 5 \cdot 10^4$
Четырехлопастная	3	3	0,33	8,52	0,2	$Re_u = 100 - 5 \cdot 10^4$
Четырехлопастная с лопастями, наклонными вверх под углом 45°	3	3	0,33	5,05	0,2	$Re_u = 100 - 5 \cdot 10^4$
Четырехлопастная с лопастями, наклонными вверх под углом 60°	3	3	0,33	6,30	0,18	$Re_u = 100 - 5 \cdot 10^4$
Якорная двухлопастная	1,11	1,11	0,11	6,2	0,25	Форма лопасти круглая
Якорная четырехлопастная	1,11	1,11	0,11	6,0	0,25	
Пропеллерная двухлопастная с углом наклона 22,5°	3	3	0,33	0,985	0,15	$Re_u = 100 - 5 \cdot 10^4$
Пропеллерная трехлопастная	3,5	3,8	1	230	1,67	$Re_u < 20$
Пропеллерная трехлопастная	3,5	3,8	1	4,63	0,35	$Re_u < 5 \cdot 10^3$
Пропеллерная трехлопастная	3,5	3,8	1	1,19	0,15	$Re_u > 5 \cdot 10^3$
Турбинная трехлопастная с входным отверстием 37 мм	3	3	0,33	3,90	0,2	$Re_u > 5 \cdot 10^3$
Турбинная шестилопастная с направляющим аппаратом	1,78	2,4	0,25	5,98	0,15	$Re_u > 5 \cdot 10^3$

значительной степени зависит от быстрого и равномерного распределения реагентов в объеме обрабатываемой воды [1]. Введение их в виде концентрированных растворов позволяет уменьшить объемы расходных баков, однако требуется более длительное перемешивание для равномерного распределения реагента в объеме обрабатываемой воды. Применение разбавленных растворов, концентрацией до 1%, позволяет осуществлять более равномерное распределение, однако это сопровождается увеличением объемов расходных баков, что приводит к удорожанию строительства. При использовании высокоэффективных смесителей механического типа влияние концентрации раствора реагента на эффективность очистки воды снижается. Приведенные в специальной литературе рекомендации по расчету механических смесителей имеют весьма общий характер, что затрудняет их внедрение в системы очистки природных и сточных вод [1, 2, 3].

РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Наиболее полно теория механического перемешивания разработана в химической технологии [4]. Перемешивание в жидкой среде описывается критериями гидродинамического подобия:

- Критерий Рейнольдса (центробежный):

$$Re_u = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu}, \tag{1}$$

где ρ – плотность перемешиваемого раствора, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;
 d – диаметр мешалки, м;
 n – количество оборотов, с^{-1} ;
 μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с, табл. 1.;

- Критерий мощности (критерий Эйлера Eu_u):

$$K_N = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5}, \tag{2}$$

где N – мощность, затрачиваемая на перемешивание, Вт;

- Критерий Фруда центробежный:

$$Fr_u = \frac{n^2 \cdot d}{g}, \tag{3}$$

где g – ускорение силы тяжести.

Для геометрически подобных аппаратов обобщенное уравнение приобретает вид:

$$K_N = \frac{C}{Re_u^m}, \tag{4}$$

где C и m – характеристики, постоянные для данного типа мешалки и определенного режима перемешивания (табл. 2).

Энергия, затрачиваемая на перемешивание:

$$E = G^2 \cdot t \cdot W_{CM} \cdot \mu, \tag{5}$$

где G – градиент скорости, (для смесителей рекомендуется в пределах от 200 до 300 с^{-1});

t – продолжительность перемешивания, с;

W_{CM} – объем смесителя, м^3 .

Приравняв уравнения (2) и (4), получим:

$$\frac{C}{Re_u^m} = \frac{N}{\rho \cdot n^2 \cdot d^5}. \tag{6}$$

Подставив значение $Re_u = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu}$ в (6) имеем:

$$\left(\frac{C}{\rho \cdot n \cdot d^2} \right)^m = \frac{N}{\rho \cdot n^3 \cdot d^5} \tag{7}$$

или

$$C \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5 = N \cdot n^m \cdot \left(\frac{\rho \cdot d^2}{\mu} \right)^m \tag{8}$$

или

$$C \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5 - N \cdot n^m \cdot \left(\frac{\rho \cdot d^2}{\mu} \right)^m = 0. \tag{9}$$

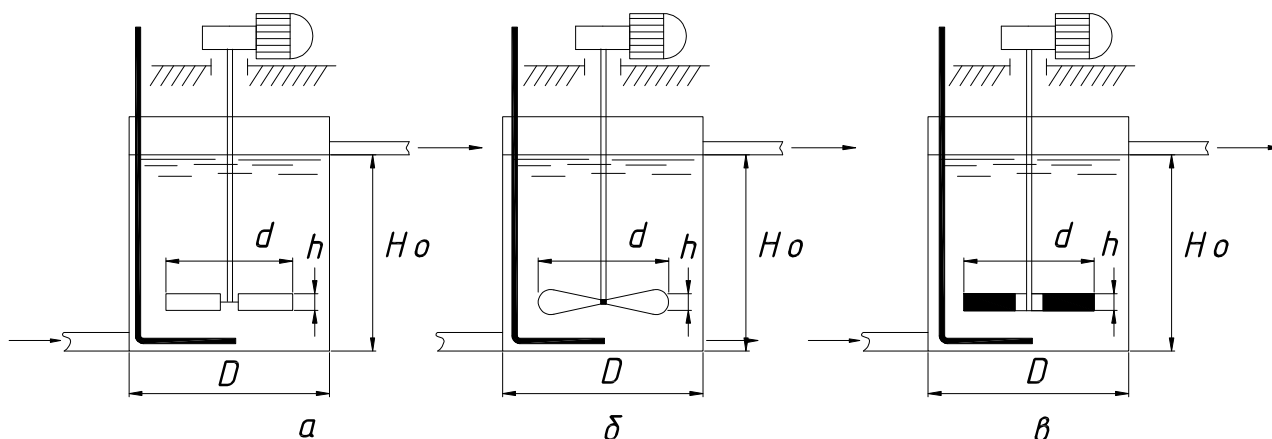


Рис. 1. Принципиальные схемы механических смесителей: а - с лопастной мешалкой, б - с пропеллерной мешалкой, в - с турбинной мешалкой

Разделив левую и правую часть равенства на n^m , получим:

$$\frac{n^3}{n^m} \cdot C \cdot \rho \cdot d^5 - N \cdot \left(\frac{\rho \cdot d^2}{\mu} \right)^m = 0. \quad (10)$$

Откуда

$$n^{(3-m)} = \frac{N \cdot \left(\frac{\rho \cdot d^2}{\mu} \right)^m}{C \cdot \rho \cdot d^5}. \quad (11)$$

Окончательно имеем:

$$n_{\text{меш}} = \left[\frac{N_{\text{см}} \cdot \left(\frac{\rho \cdot d^2}{\mu} \right)^m}{c \cdot \rho \cdot d^5} \right]^{\frac{1}{3-m}}. \quad (12)$$

Полученное уравнение позволяет рассчитать количество оборотов выбранного типа механического смесителя при принятом градиенте скорости.

ПРИМЕР РАСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКОГО СМЕСИТЕЛЯ

Производительность станции 24 000 м³/сутки. Выполнить расчет механического смесителя. Принимается два смесителя, продолжительность пребывания воды в смесителе 30 с.

$$W_{\text{см}} = \frac{q_{\text{час}} \cdot t_{\text{см}}}{n_{\text{см}} \cdot 3600} = \frac{1000 \cdot 30}{2 \cdot 3600} = 4,2 \text{ м}^3.$$

Принимается круглый в плане смеситель, диаметр:

$$D_{\text{см}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot W_{\text{см}}}{3,14}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4,2}{3,14}} = 1,7 \text{ м}.$$

Затраты энергии на перемешивание:

$$E = G^2 \cdot t_{\text{см}} \cdot W_{\text{см}} \cdot \mu = 250^2 \cdot 30 \cdot 4,2 \cdot 1,67 \cdot 10^{-3} = 13151 \text{ Дж}$$

Мощность, потребляемая на перемешивание, при установившемся режиме, Вт:

$$N_{\text{см}} = \frac{E}{t_{\text{см}}} = \frac{13151}{30} = 438 \text{ Вт}.$$

Вариант 1. Принимается двухлопастная мешалка:

$$\frac{H_0}{d} = \frac{D}{d} = 2, \quad \frac{h}{d} = 0,36, \quad c=14,35, \quad m = 0,31 \text{ (табл.2)}$$

Откуда $H_0 = D = 1,7$ м (рис. 1, а), диаметр мешалки $d = \frac{D}{2} = \frac{1,7}{2} = 0,85$ м, высота лопасти $h = 0,85 \cdot 0,36 = 0,31$ м
По формуле (12)

$$n_{\text{меш}} = \left[\frac{N_{\text{см}} \cdot \left(\frac{\rho \cdot d^2}{\mu} \right)^m}{c \cdot \rho \cdot d^5} \right]^{\frac{1}{3-m}} = \left[\frac{438 \cdot \left(\frac{1000 \cdot 0,85^2}{1,67 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,31}}{14,35 \cdot 1000 \cdot 0,85^5} \right]^{\frac{1}{3-0,31}} = 1,6 \text{ с}^{-1},$$

получаем $n_{\text{меш}} = 1,6 \text{ с}^{-1}$ или 96 об/мин.

Вариант 2. Принимается пропеллерная двухлопастная с углом наклона 22,5° ($\frac{H_0}{d} = \frac{D}{d} = 3, \frac{h}{d} = 0,33, c=0,985, m = 0,15$, табл. 2)

Откуда $H_0 = D = 1,7$ м (рис. 1, б), диаметр мешалки $d = \frac{D}{3} = \frac{1,7}{3} = 0,57$ м, шаг лопасти $h = 0,57 \cdot 0,33 = 0,19$ м
получаем $n_{\text{меш}} = 3,7 \text{ с}^{-1}$ или 222 об/мин.

Вариант 3. Турбинная (рис. 1, в) трехлопастная с входным отверстием диаметром 37 мм ($\frac{H_0}{d} = \frac{D}{d} = 3, \frac{h}{d} = 0,33, c = 3,90, m = 0,2$)
получаем $n_{\text{меш}} = 3,9 \text{ с}^{-1}$ или 234 об/мин.

При подборе электродвигателя следует учитывать, что мощность в пусковой период в 2-3 раза превышает рабочую, кроме того, следует принимать во внимание к.п.д. двигателя и передачи:

$$N_{\text{усм}} = \frac{(2...3) \cdot N_{\text{см}}}{\eta_{\text{двиг}} \cdot \eta_{\text{пер}}} = \frac{2,5 \cdot 438}{0,95 \cdot 0,7} = 1646 \text{ Вт} \approx 1,7 \text{ кВт}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Применение механических смесителей в системах очистки природных и сточных вод позволяет интенсифицировать процесс распределения реагента в объеме обрабатываемой воды, это дает возможность использовать более концентрированные растворы, а значит, и снизить капитальные вложения на возведение растворных и расходных баков.
2. На основании анализа критериев гидродинамического подобия предложена методика расчета механических смесителей для систем очистки природных и сточных вод.
3. Приведен пример расчета механических смесителей.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Николадзе Г. И. Технология очистки природных вод: Учебник для вузов. - М.: Высш. Шк.- 1987.-479с., ил.
2. Кульский Л. А., Строкач П. П. Технология очистки природных вод: - 2-ое изд., перераб. И доп.- К.: Вища шк., 1986.- 352с., ил.

3. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. - Киев: Наукова думка, 1980.- 564 с.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов/Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова.- 9-е изд., перераб. И доп. - Л.: Химия, 1981.- 560 с.,ил.

Материал поступил в редакцию 17.03.08

GITENEV B.N., NAUMENKO L.E. To calculation of mechanical mixing devices in the systems for treatment of natural water and sewages

Methods and examples of calculation the mechanical mixers in the treatment systems of natural water and sewages are described. Calculations have executed with the use of criterions of hydrodynamic resemblances.

УДК 628. 316

Мороз В.В.

ОЧИСТКА КРАСКОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД «ПОПУТНОЙ» ТЕХНОЛОГИЕЙ

ВВЕДЕНИЕ

Получение лакокрасочных покрытий – это технологический комплекс операций, включающий в себя подготовку поверхности изделий, нанесение лакокрасочных материалов. Стадия покраски реализуется различными методами. Пневматическим распылением, распылением под высоким давлением, распылением в электрическом поле, аэрозольным распылением, электроосаждением, струйным обливом, окунанием, валками, в барабанах, кистью и шпателем. Именно 70 % выпускаемых лакокрасочных материалов наносят пневматическим распылением, причем этот метод наиболее опасен в экологическом отношении.

Большинство предприятий приборо- и машиностроительного профиля имеют цеха или отдельные участки покрасочного производства. На этих производствах имеются отделения подготовки (обезжиривание, травление, фосфатирование и т.д.) деталей под покрытие и как завершающая стадия – покраска.

Кислые загрязнения и соли, образующиеся в стоке ванн травления, фосфатирования и промывки перед сбросом в канализацию должны быть подвергнуты очистке до допустимых норм.

Данное производство является источником сброса как отработанных (залповых) технологических растворов так и стоков, в которых содержатся исключительно токсические органические загрязнения (фенол, ксилол, уайт-спирит и др.), а также тяжелые металлы, такие как цинк, хром, титан.

Известно, что более 80 % действующих очистных сооружений предприятий приборо- и машиностроительного профиля имеют очистные сооружения реагентного типа. Следует добавить, что в технологических процессах нанесения защитных покрытий используется широкий спектр веществ, которые превращаются в отходы, сходные по составу с реагентами, применяемыми при очистке органикозагрязнённых сточных вод. То есть имеют место предпосылки для многократного снижения объема используемых товарных реагентов, а значит и неизбежного вторичного загрязнения сточных вод.

Известные методы очистки такого вида сточных вод (ультрафильтрация, сжигание, ионный обмен и др.), энергоёмки, для их реализации требуется использование дорогостоящего оборудования, дефицитных материалов и значительных производственных площадей. В связи с тем, что промышленные предприятия находятся в затруднительном финансовом положении, как правило, стоки сбрасываются в канализацию без какой-либо предварительной очистки. Опыт, накопленный по использованию "попутных" технологий в процессах очистки сточных вод, позволяет с высокой степенью вероятности предположить возможность эффективной совместной обработки указанных стоков в рамках очистных сооружений гальванического производства. При этом под «попутной» технологией обработки лакокрасочных загрязнений авторы понимают её реализацию в рамках традиционных очистных сооружений стоков гальванических покрытий реагентного типа с использованием ранее смонтированного оборудования, применением тех же реагентов при сохра-

нении основных параметров технологических процессов, а также систем автоматического регулирования (САР).

Поскольку решить проблему охраны водных объектов простым наращиванием мощностей традиционных очистных сооружений практически невозможно, необходимо найти пути улучшения работы не только действующих сооружений, но и вновь проектируемых. Возникает ситуация, при которой необходимо разработать такое технологическое решение, которое должно быть ресурсосберегающим и которое по возможности можно реализовать в рамках традиционных очистных сооружений защитных покрытий, а именно гальванопокрытий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ «ПОПУТНОЙ» ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Возможность и целесообразность объединения хромсодержащих стоков и «попутного» обезвреживания органосодержащих стоков в кислой среде в присутствии хроматов, а также использование механизма окисления легкоокисляемых органических соединений кислородом воздуха и использование сорбционной способности оксигитратных коллекторов образующихся в процессах нейтрализации всех видов стоков с последующей их осаждением в осветлителе была реализована на Брестском электромеханическом заводе (БЭМЗ), где впервые технология была внедрена в производство [1]. Данная технология проста, экономична, малоотходна. Реконструкция действующих очистных сооружений и переход на усовершенствование выгодны предприятию, так как используется ранее смонтированное оборудование, те же реагенты при сохранении основных параметров технологических процессов, а также системы автоматического регулирования (САР).

Эта технология не требует дополнительных площадей и оборудования, сопоставимых по стоимости с традиционными очистными сооружениями гальваностоков. Принцип реализации данной технологии осуществлен с использованием имеющегося оборудования и коммуникаций. Следует добавить, что в технологических процессах нанесения защитных покрытий используется широкий спектр веществ, которые превращаются в отходы, сходные по составу с реагентами, применяемыми при очистке органикозагрязнённых сточных вод. То есть имеют место предпосылки для многократного снижения объема используемых товарных реагентов, а значит и неизбежного вторичного загрязнения сточных вод.

Для подтверждения возможности создания «попутной» технологии были проведены соответствующие исследования. Цель проводимых исследований заключалась в установлении возможности и целесообразности объединения потоков, содержащих хромсодержащие и лакокрасочные загрязнения с последующей их обработкой по традиционно принятой реагентной схеме очистки стоков гальванического производства.

Исследования и разработка «попутной» технологии обработки

Мороз Владимир Валентинович, ст. преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения УО «Брестский государственный технический университет».

ул. Московская, 267, УО БрГТУ, 224017, г. Брест, Беларусь.