

химическом взаимодействии с наиболее активными оксидными формами базальтовой фибры.

Заключение. Изучение адсорбционной способности ионов кальция на поверхности волокон базальтовой фибры дает возможность предположить использование волокон фибры в качестве сорбента других водорастворимых ионов для эффективной очистки сточных и природных вод, а также дает возможность оценить степень дисперсности базальтовых волокон и целесообразность его применения как армирующего материала для создания модифицированных бетонных композитов. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод об участии дискретных волокон базальтовой фибры в процессах структурообразования. В волокнистой, поровой структуре волокон фибры накапливаются водорастворимые ионы, которые при химическом взаимодействии с минералами портландцементного клинкера и активными составляющими самой фибры с момента затворения цементных систем водой создают условия

для формирования новых кристаллических структур, обуславливающих прочность бетонов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Градус, Л.Я. Эксплуатация газоочистного оборудования на машиностроительных предприятиях / Л.Я. Градус, И.Л. Тарнавский, М.И. Иванова. – М.: Машиностроение, 1988. – 216 с.
2. Васильевская, Н.Г. Цементные композиции, дисперсно-армированные базальтовой фиброй / Н.Г. Васильевская, И.Г. Инджиевская, И.Г. Калугин. – Вестник ТГА-СУ №3, 2011. – С. 153.
3. Перфилов, В.А. Влияние базальтовых волокон на прочность мелкозернистых фибробетонов / В.А. Перфилов, М.О. Зубова // Интернет-Вестник ВолГУСУ №1(37), 2015. [Электронный ресурс]– Режим доступа: www.vestnik.vgasu.ru – Дата доступа: 25.02.2017.
4. Lo Howard U., Hung - Yung-Tse. Utilization of claus and zeolites for coagulation. // Int.I. Environ Stud. – 1991. – №3. – P. 65-73.

Материал поступил в редакцию 02.03.17

LEVCHUK N.V., VASILEVSKAYA M.V., SHLYAKHOVA E.I. Study of adsorption properties of basalt fiber

The article presents the results of studies of the adsorption properties of basalt fiber filtration through a layer of fibers of various degrees of dispersion at a certain velocity. For the quantitative determination of water-soluble calcium ions were used titrimetric method of research. The research results confirm theoretical assumptions about the consuming ability of fine basalt fibers. Fig. 1. Table. 2. Bibl. 4 name.

УДК.628.316

Е.А. Урецкий., В.В. Мороз, М.М. Юхимук

К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЛАКОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРИБОРО- И МАШИНОСТРОЕНИЯ

В Республике Беларусь большое количество предприятий приборо- и машиностроения имеют производства лакокрасочных и гальванических защитных покрытий, а также производства печатных плат.

Результаты обследований многочисленных предприятий приборо- и машиностроения Беларуси и СНГ, проведенных Белорусским государственным проектным институтом (БелГПИ) и Московским государственным проектным институтом (МГПИ), показывают, что из-за отсутствия в настоящее время достаточно эффективных и недорогих технических решений по очистке этих сточных вод, они сбрасываются в городскую систему водоотведения. МГПИ, генеральный разработчик технологий очистки сточных вод гальванических производств и печатных плат для предприятий приборо- и машиностроения СНГ, по этой причине рекомендовал Брестскому электромеханическому заводу (БЭМЗ), как вариант, разбавление производственных сточных вод до ДК исходной водой в количестве более 10 млн м³ в год.

Урецкий Евгений Аронович, инженер.

Мороз Владимир Валентинович, ст. преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Юхимук Михаил Михайлович, ст. преподаватель кафедры высшей математики Брестского государственного технического университета.

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

Такое «техническое решение», помимо больших экономических затрат, влечет за собой существенное расширение системы технического водоснабжения и канализации предприятия.

В связи с этим возникла острая необходимость в разработке удовлетворительного способа очистки сточных вод лакокрасочного производства.

На основании ранее проведенных исследований была разработана эффективная малозатратная «попутная» технология очистки сточных вод окрасочного производства, реализуемая в рамках традиционных реагентных схем обработки сточных вод гальванического производства, на тех же технологических линиях, при тех же параметрах проведения процессов, теми же реагентами.

В основу предлагаемой технологии очистки сточных вод лакокрасочного производства положен патент на изобретение [1].

Блок-схема этой технологии приведена на рис 1. Краткая суть технологии следующая. Сточные воды, со-

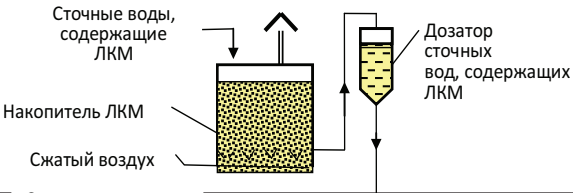
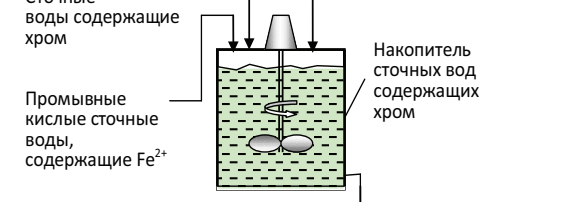
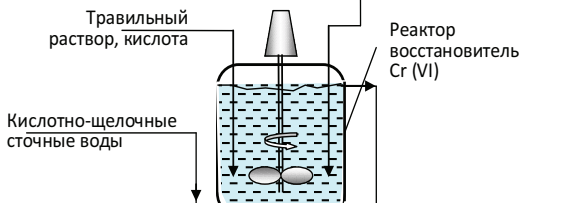
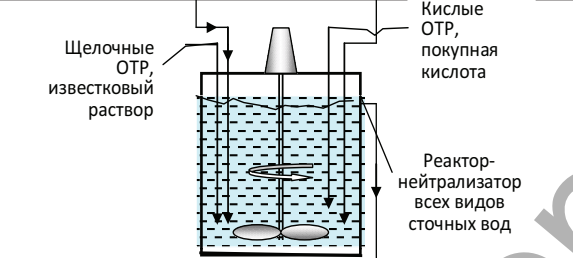
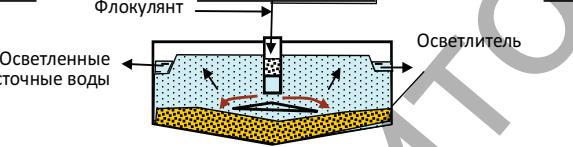
Характеристика и относительный объём сточных вод. Схема, потоки, реагенты	Стадии процесса	Время обработки, мин.
 <p>Сточные воды, содержащие ЛКМ Накопитель ЛКМ Сжатый воздух Дозатор сточных вод, содержащих ЛКМ</p>	Накопление сточных вод с ЛКМ	Продувка стоков свежим воздухом не менее 20 минут
 <p>Сточные воды содержащие хром Промывные кислые сточные воды, содержащие Fe²⁺ Накопитель сточных вод содержащих хром</p>	Подмешивание сточных вод с ЛКМ в хромсодержащие сточные воды	Усреднение, не менее 10 минут
 <p>Травильный раствор, кислота Кислотно-щелочные сточные воды Реактор восстановитель Cr (VI)</p>	Восстановление Cr (VI) в объединённом потоке с ЛКМ рН = 2,5–3,0	7–10 минут
 <p>Щелочные ОТР, известковый раствор Кислые ОТР, покупная кислота Реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод</p>	Нейтрализация всех видов сточных вод рН = 8–8,5	7–10 минут
 <p>Флокулянт Осветленные сточные воды Осветлитель</p>	Осветление	Интервал времени, в зависимости от типа осветлителя

Рисунок 1. Блок-схема «попутного» обезвреживания сточных вод, загрязнённых ЛКМ, в рамках очистных сооружений обработки сточных вод гальванического производства реагентного типа на примере БЭМЗ

держащие лакокрасочные материалы (ЛКМ), сбрасываются в соответствующий накопитель, оборудованный устройством для барботирования их сжатым воздухом в течение 7-10 минут.

При этом происходит выделение пенного продукта, отдувка летучих органических соединений и окисление легкоокисляемых. На данной стадии достигается снижение ХПК до 20%. График снижения ХПК барботажем сжатым воздухом приведен на рис. 2.

Далее обработанные сжатым воздухом сточные воды с помощью дозатора равномерно подмешиваются в накопитель сточных вод, содержащих хром. Из него смесь сточных вод направляется в реактор - восстановитель Cr (VI), где при рН = 2,5-3,0 обрабатывается в течение 7-10 минут. При этом в кислой среде в присутствии традиционного катализатора-хрома, происходит дальнейшая деструкция ЛКМ на 20%.

График снижения ХПК окислением хромсодержащим потоком приведен на рисунке 3.

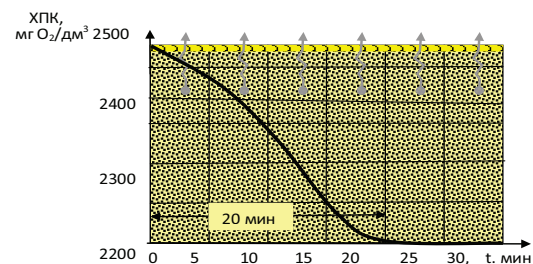


Рисунок 2. График снижения ХПК барботажем сжатым воздухом (1 стадия) (осреднённые данные)

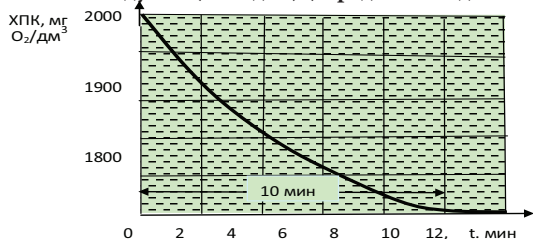


Рисунок 3. График снижения ХПК окислением хромсодержащим потоком (2 стадия) (осреднённые данные)

Из реактора реактора-восстановителя Cr (VI) смесь сточных вод подаётся в реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод, где при pH = 8,0-8,5 и времени обработки 7-10 минут оставшиеся ЛКМ сорбируются на образовавшемся оксигидратном коллекторе. После осветления нейтрализованных сточных вод ХПК, как правило, не превышает 40 мг O₂/дм³.

График снижения ХПК сорбцией оксигидратным коллектором с последующим 2-часовым отстаиванием (осреднённые данные) (3 + 4 стадии) приведен на рисунке 4.

Интервал содержания загрязнений после реактора-нейтрализатора приведен в таблице 1.

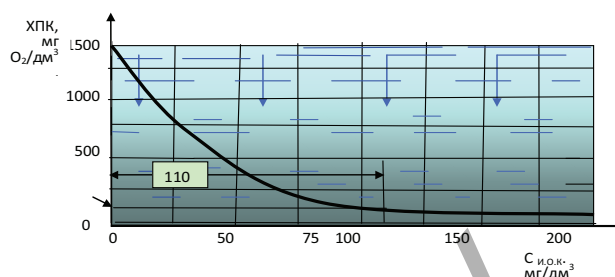


Рисунок 4. График снижения ХПК оксигидратным коллектором с последующим 2-часовым отстаиванием (3 + 4 стадии) (осреднённые данные)

Таблица 1. Интервал содержания загрязнений после реактора-нейтрализатора

Наименование ингредиента	Средний, доверительный интервал концентраций после реактора-нейтрализатора	Наблюдаемый максимум до и после вертикального отстойника при t = 2 часа	
		до	после
Хром (VI), мг/дм ³	-	-	-
Хром общ., мг/дм ³	10-20	не опр.	1,7
Цинк, мг/дм ³	15-28	32,1	0,2
Никель, мг/дм ³	2,2-4,9	5,20	0,1
Железо, мг/дм ³	70-195	250	1,5
Медь, мг/дм ³	11-22	28,0	0,5
Кислота, мг-экв/дм ³	7,9-9,1	10,8	-
Щёлочь, мг-экв/дм ³	3-4,2	5,25	-
pH	8,5-9	8,5-9	8,6
ХПК, мг O ₂ /дм ³	1500-2000	2500	21,6
Суммарное содержание основных ингредиентов (Fe _{общ} , Cr _{общ} , Cu, Zn, Ni), образующих оксигидратный коллектор (Σ и.о.к.), мг/дм ³			108,2-269,9

В результате полученных экспериментальных данных произведено математическое исследование результатов, соответствовавших третьему этапу, то есть обработке оксигидратным коллектором с отстаиванием (на промежутке [0,+∞)) для практического расчета сооружений.

Для этого был осуществлён поиск аппроксимирующей функции на промежутке [0,+∞) в виде:

$$f_2(x) = a \cdot \text{arctg}(b(x-c)) + d.$$

Данная функция с регулируемыми параметрами «а», «b», «с», «d» была подобрана исходя из вида распределения экспериментальных данных.

В качестве начального приближения параметра «d» возьмем минимальное практически достижимое значение ХПК, равное 15 мг/л, т. е. положим d₀ = 15.

Учитывая, что областью значений функции f₂(x) является интервал (d; aπ + d), а также то, что при Σ и.о.к. = 0, ХПК = 1500, в качестве начального приближения параметра «а» примем a₀ = 750.

Параметр «b» задает коэффициент растяжения кривой y = f₂(x) вдоль оси абсцисс. Принимаем для начала b₀ = 1.

Параметр «с» задает абсциссу точки перегиба кривой y = f₂(x). Согласно полученным экспериментальным данным примем c₀ = 2.

Исходя из принятых данных, уточняем значения параметров, минимизируя величину

$$\Delta = \sum_{i=1}^6 (f_2(x) - y_i)^2.$$

По полученным данным строим кривую таким образом, чтобы отклонения экспериментальных данных от кривой были минимальными. В результате с помощью метода наименьших квадратов получим следующие значения (ограничимся точностью до двух знаков после запятой): a = 726,82, b = 0,22, c = 2,33, d = 14,04.

При этом вычисленная сумма отклонений (погрешность) Δ = 843,29, а аппроксимирующая функция на промежутке [0,+∞) при подстановке полученных параметров будет иметь вид:

$$f_2(x) = 726,82 \cdot \text{arctg}(0,22(x - 2,33)) + 14,04$$

Обратную зависимость величины x = C_{и.о.к.} от величины y = ХПК получим, выражая x через y = f₂(x):

$$\frac{f_2(x) - 14,04}{726,82} = \text{arctg}(0,22(x - 2,33));$$

$$x = 4,545 \cdot \text{ctg}\left(\frac{f_2(x) - 14,04}{726,82}\right) + 2,33, \text{ или}$$

$$x = 5,545 \cdot \text{ctg}\left(\frac{y - 14,04}{726,82}\right) + 2,33.$$

Вывод. Использование «попутной» технологии обработки сточных вод, содержащих ЛКМ, в рамках очистных сооружений гальванического производства показало, что глубина очистки по ХПК достаточно высока.

При исходном ХПК до 2500 мг О₂/дм³ на выходе из очистных сооружений величина ХПК не превышала 40 мг О₂/дм³.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Способ очистки сточных вод лакокрасочного производства и производств защитных покрытий и плат: патент на изобретение №12453 / Е.А. Урецкий, В.В. Мороз – Заявка №а 20071107. 2007.09.11.

Материал поступил в редакцию 15.05.17

URETSKI E.A., MOROZ V.V., YUKHIMUK M.M. On the issue of sewage treatment of paint and varnish production at the enterprises of instrumentation and machine building.

Studies have been carried out to confirm the development of a low-cost technology for wastewater treatment of paint and varnish industries in instrument and machine building enterprises, and a mathematical model for the sorption of paint and varnish materials on oxyhydrate reservoirs has been developed

УДК 628.16.087+631.171:636.5

В.Н. Штепа, О.Н. Прокопеня, Р.Е. Кот, А.В. Морголь, Н.А. Заец

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ И ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ В ВОДЕ ВЕЩЕСТВ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Введение. Исследование воды в начальной и конечной точках водораспределительной сети продемонстрировало существенные различия зарегистрированных физических параметров (температуры, давления) и концентрации химических (биологических) веществ в разные периоды времени [1, 2]. Установлено, что показатели качества воды в различных точках сети водоснабжения могут приобретать недопустимые значения. При этом, чем больше срок эксплуатации системы, тем хуже качество воды (особенно по показателю содержания взвешенных органических и неорганических частиц) [3, 4].

Неравномерность водопотребления оказывает существенное влияние на процесс образования и осаждения на стенках трубопроводной сети взвешенных форм веществ, что отражается на работе системы очистки и качестве получаемой воды. Изучение динамики данного процесса позволяет не только более объективно оценить качество водоснабжения, но и рационально выбирать режимы работы системы водоподготовки в конкретных условиях. Наличие такой информации также дает возможность прогнозировать изменения свойств воды в системе водоснабжения в периоды аварий и не допускать развития негативных последствий, включая эпидемии.

Постановка задачи. Для исследования процесса образования и осаждения на стенках трубопроводов взвешенных форм веществ необходимо воспроизвести данный процесс на пробах воды, отбираемых в различных

точках водопроводной сети в различные моменты времени, на значительном временном интервале при фиксированных значениях давления, которое может варьироваться в определенных пределах. Это требует создания автоматизированной экспериментальной установки, позволяющей проводить измерения в режиме реального времени в условиях поддержания заданной величины манометрического и вакуумметрического давлений.

Материалы и методика исследований. Известно, что физические и химико-биологические преобразования в воде происходят непрерывно под действием внешних физических, химических и биологических факторов [5]. После окончания их действия и наступления условно устойчивого состояния вода будет приобретать временно неизменные (стабильные) показатели качества [3, 6].

К указанным факторам относится давление, которое имеет различное значение на разных участках сети (рис. 1). При отсутствии потребления воды давление по длине трубопровода имеет постоянное значение.

Согласно типовому графику (рис. 1) кратковременные периоды пикового потребления чередуются с достаточно длительными периодами минимального потребления воды, следовательно, отборы проб для исследований целесообразно производить в период наиболее длительного интервала с наименьшим потреблением (с 24.00 до 6.00 часов) [2].

Штепа Владимир Николаевич, к.т.н., доцент кафедры высшей математики и информационных технологий Полесского государственного университета.

Кот Роман Евгеньевич, научный сотрудник НИЛ «Экоинженерия и ИТ» ПолесГУ.

Морголь Александр Владимирович, научный сотрудник НИЛ «Экоинженерия и ИТ» ПолесГУ.

Республика Беларусь, 225710, Брестская область, г. Пинск, ул. Кирова 24, к. 201.

Прокопеня Олег Николаевич, к.т.н., заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Брестского государственного технического университета. Республика Беларусь, 224010, г. Брест, ул. Московская, 267.

Заец Наталья Анатольевна, к.т.н., доцент кафедры автоматизации и робототехнических систем Национального университета биоресурсов университета Украины.

Украина, 03041, г. Киев, ул. Героев Оборона, 12, учебный корпус 11, к. 332.