

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульянов, Б.А. Процессы и аппараты химической технологии / Б.А. Ульянов, В.Г. Ликучев, В.Я. Бадеников – Ангарск.: Изд-во АГТА, 2006. – 744с
2. Чернобыльский, И.И. Машины и аппараты химических производств / И.И. Чернобыльский – М.: Химия, 1975. – 457с.
3. Дементьев, А.И. Определение параметров математической модели тепловых процессов в аппаратах с напыленными теплообменными поверхностями / А.И. Дементьев, Л.И. Рыбалко, В.А. Комаров // Вестник АГТА – Ангарск: АГТА – 2009 – С. 32-35.
4. Дементьев, А.И. Математическая модель тепловых процессов в слое пористого металлического покрытия / А.И. Дементьев, Е.В. Подоплелов, Л.А. Антонов, Н.А. Корчевин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование – 2015 – №2 (46) – С. 65-68
5. Дементьев, А.И. Исследование теплообмена на пористой структуре металлический покрытий / А.И. Дементьев, Е.В. Подоплелов // Сб. науч. Тр. Ангарск. гос. техн. акад. Ангарск – 2014 – Т. 1 – С. 103-105.
6. Дементьев, А.И. Исследование теплообмена на пористой структуре / А.И. Дементьев, Е.В. Подоплелов // Современные технологии и научно-технический прогресс – 2014 – Т. 1 – № 1. – С. 18.

УДК 681

Джарбинадзе Павел Викторович,
магистрант, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: Pavilik42195@yandex.ru

Раскулова Татьяна Валентиновна
д.х.н., зав. кафедрой «Химическая технология топлива»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
e-mail: raskulova@list.ru

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВ ВСПЕНИВАЮЩЕГОСЯ ПОЛИСТИРОЛА

Dzharbinadze P.V., Raskulova T.V.

ANALYSIS OF THE WATER SUPPLY SYSTEM FOR FOAMING POLYSTYRENE PRODUCTION

Аннотация. Проанализирована схема водоснабжения промышленной площадки производства вспенивающегося полистирола методом суспензионной полимеризации. Экспериментально определено количество взвешенных веществ в оборотной воде данного производства, предложен возможный способ её очистки. Внедрение предложенного способа очистки оборотной воды направлено на увеличение эффективности расходования энергоресурсов и обеспечение высокоэффективной работы теплообменного оборудования.

Ключевые слова: оборотное водоснабжение, взвешенные вещества, фильтрация.

Abstract. The scheme of water supply of the industrial site for the production of foaming polystyrene by the method of suspension polymerization is analyzed. The amount of suspended solids in the recycled water of this production has been experimentally determined, and a possible method of its purification has been proposed. The relevance of this work lies in the efficient use of energy resources, as well as ensuring the highly efficient operation of heat exchange equipment.

Keywords: circulating water supply, suspended solids, filtration.

На сегодняшний день исследования показывают, что с ростом производства синтетических полимеров повышается и потребление водных ресурсов, необходимых для стабильной и безопасной работы установок. Основным источником водоснабжения промышленных площадок – оборотная и добавочная вода [1].

Важным показателем качества оборотной и добавочной воды является концентрация взвешенных веществ. Они способны формировать в теплообменниках слой отложений, снижая, таким образом, коэффициент теплопередачи и ухудшая работу оборудования.

Источником загрязнения оборотной

воды взвешенными веществами являются неосветлённые воды поверхности водоёмов, вторичные продукты деструкции коррозионных и карбонатных отложений, биообрастаний, а также пыль минерального и органического происхождения, проникающая в охладители из атмосферного воздуха.

Взвешенные вещества, например, такие, как ил и песок, осаждаются в пазухах холодильников, забивают трубную систему теплообменников, отлагаются на отдельных участках коммуникаций, а мелкодисперсные включения, входящие в состав карбонатных и сульфатных отложений вызывают повышение их прочностных характеристик [2]. Накопление взвешенных веществ в холодильниках, теплообменниках и коммуникациях наблюдается также при развитии биологических обрастаний, которые аккумулируют механические примеси, находящиеся в оборотной воде. В закрытых теплообменных аппаратах и коммуникациях в биоценоз обрастаний входят слизеобразующие и нитчатые формы, а также серо- и железобактерии [3].

Исходя из вышеперечисленного, вся подпиточная и оборотная вода, применяемая на промышленной площадке производства суспензионного полистирола, должна отвечать показателям, приведённым в таблице 1.

Таблица 1 – Основные требования к качеству подпиточной и оборотной воды

№	Показатель	Ед. измерения	Норма	
			Подпиточная вода	Оборотная вода
1	Нефтепродукты, не более	мг/дм ³	1,5	5,0
2	Взвешенные вещества, не более	мг/дм ³	15	25
3	Сульфаты, не более	мг/дм ³	130	500
4	Хлориды, не более	мг/дм ³	50	300 мг/л
5	Общее содержание	мг/дм ³	500	2000
6	рН		7,0 – 8,5	7,0 – 8,5

Многолетняя практика работы показывает, что при вскрытии теплообменного оборудования для чистки в период капитального ремонта наблюдается наличие большого количества примесей и отложений (рис. 1), что в свою очередь негативно влияет на работу

теплообменного оборудования и, как следствие, снижает технологические показатели.

Цель данной работы заключается в определении содержания механических примесей и разработке методов их снижения в оборотной воде промышленной площадки производства вспенивающегося полистирола.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- анализ состава, количества и физико-химических свойств оборотной воды, применяемой на площадке;
- анализ методов подготовки подпиточной воды, применяемой на площадке;
- выбор методов анализа оборотной воды на содержание механических примесей;
- проведение лабораторного определения содержания механических примесей в образцах оборотной и подпиточной воды промышленной площадки;
- выбор методов очистки оборотной и подпиточной воды от механических примесей на основании результатов проведенных анализов.



Рисунок 1 – Теплообменник поз. Т-4

На промышленной площадке производства вспенивающегося полистирола применяется стандартная оборотная система водоснабжения: вода, нагретая в производстве, охлаждается на охладительных сооружениях (градирнях) и вновь возвращается на технологические установки. Если вода загрязняется в процессе производства, то ее очищают. При очистке и охлаждении воды некоторое количество её теряется. Потери в оборотной системе составляют 3-5 % от общего количества используемой воды. Эти потери восполняются из источника водоснабжения (доба-

вочная вода).

Для определения содержания механических примесей в оборотной воде была выбрана методика измерений массовой концентрации взвешенных веществ в пробах природных и сточных вод гравиметрическим методом [4]. Гравиметрический метод измерения массовой концентрации взвешенных веществ основан на выделении их из пробы фильтрованием воды через бумажный фильтр и взвешивании осадка на фильтре после высушивания его при 105 ± 2 °С до постоянной массы.

Отбор проб для выполнения измерений массовой концентрации взвешенных веществ производился в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020 [5]. Пробы отбирались в пластиковую посуду, предварительно промытую дистиллированной водой. Объём отбираемой воды составлял 5000 см^3 . За период с марта по июль 2023 года было отобрано и проанализировано 5 образцов оборотной воды.

Массовую концентрацию взвешенных веществ в анализируемой пробе воды (X) мг/дм^3 , рассчитывали по формуле:

$$X = (m_{\text{ф0}} - m_{\text{ф}}) \times 100 / V,$$

где $m_{\text{ф0}}$ – масса бюкса с бумажным фильтром с осадком взвешенных веществ, г; $m_{\text{ф}}$ – масса бюкса с бумажным фильтром без осадка, г; V – объём профильтрованной пробы оборотной воды, дм^3 .

Для каждого образца оборотной воды определяли не менее трёх экспериментальных значений показателя.

Расчёты содержания взвешенных веществ в данных пробах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание взвешенных веществ в образцах оборотной воды

Месяц отбора проб	Взвешенные вещества, мг/л			
	I образец	II образец	III образец	Среднее значение
Март	5,9	7,5	5,1	6,17
Апрель	8	4,6	6,3	6,3
Май	5,6	7,8	7,7	7,03
Июнь	15,8	17,6	18,9	17,4
Июль	16,2	19,3	17,7	17,7

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что содержание

взвешенных веществ в анализируемой пробе оборотной воды лежит в пределах от 6,17 до 17,7 мг/л.

Также стоит отметить, что концентрация взвешенных веществ в оборотной воде возрастает в летний период, что может свидетельствовать о биологическом характере загрязнений.

Незначительное содержание механических примесей в оборотной воде позволило выбрать в качестве наиболее приемлемого метода обработки фильтрацию.

В настоящее время на промышленных площадках применяются несколько типов фильтров: фильтр-прессы, рукавные, листовые, патронные, карусельные, барабанные фильтры, друк-фильтры и т.д.

Фильтр-прессы работают в периодическом режиме и используются, преимущественно, для фильтрования суспензий с малым содержанием дисперсной фазы, что связано со сложностью процесса удаления осадка, поэтому стараются минимизировать количество пауз. Принципиальная схема фильтр-пресса представлена на рис. 2.

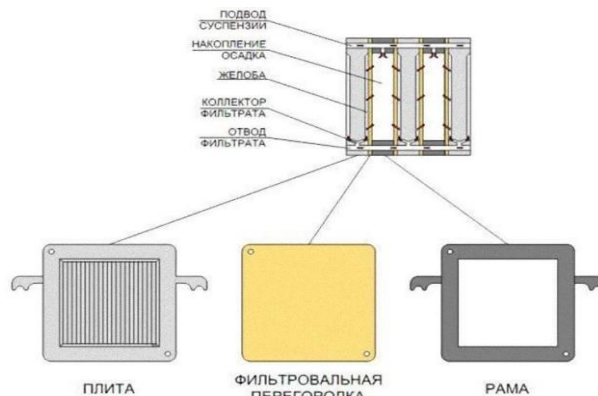


Рисунок 2 – Схема фильтр-пресса

Общая площадь фильтрования в рукавных, листовых и патронных фильтрах складывается из площадей отдельных фильтрующих элементов разной формы. Набор таких элементов располагают внутри корпуса фильтра, куда под давлением подается фильтруемая суспензия, которая проходит внутрь элементов сквозь фильтрующий слой, где отделяется дисперсная фаза, и очищенная выводится наружу. Скапливающийся слой осадка удаляют обратной промывкой, продувкой или механическим воздействием. Принципиальная схема фильтров данного типа приведена на рис. 3.

Карусельные фильтры расположены по окружности и подключены к источнику вакуума. Двигаясь по этой окружности, каждый из них проходит ряд циклических стадий: фильтрация, промывка, сушка, удаление осадка и т.д. Такое движение напоминает карусель, откуда и произошло название. Принципиальная схема карусельного фильтра показана на рис. 4.

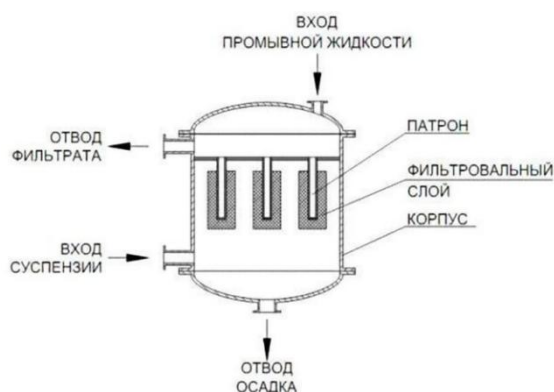


Рисунок 3 – Схема рукавных фильтров

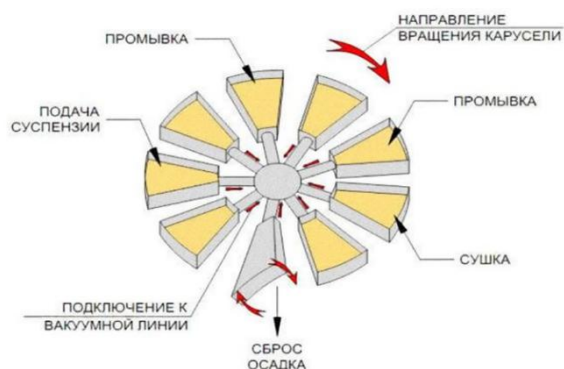


Рисунок 4 – Схема карусельных фильтров

У барабанных фильтров (рис. 5) фильтровальная поверхность обычно располагается на цилиндрической его части, которая также разделена на секции. Специальное распределительное устройство циклично по мере вращения барабана подключает их то к вакууму, то к источнику повышенного давления. Таким образом, добиваются деления окружности, по которой движется фильтровальное полотно, на участки, где происходят последовательно фильтрация, продувка, промывка и т.д.

Также широкое распространение на промышленных площадках находят друк-фильтры. Он представляет собой сосуд, раз-

деленный фильтровальной перегородкой. В одну часть под давлением подается суспензия или загрязненный газ на разделение, либо же (в случае суспензии) давление создается подачей сжатого газа или самой суспензии под давлением. Проходя слой осадка и перегородку, сплошная фаза очищается от дисперсной фазы и поступает во вторую часть аппарата, после чего выводится наружу.

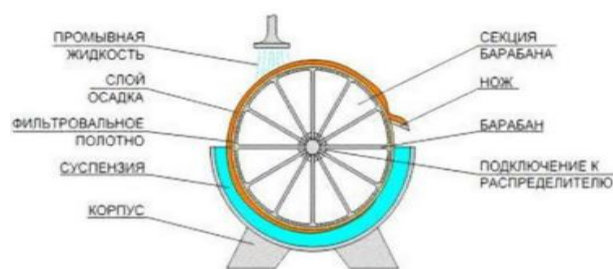


Рисунок 5 – Схема барабанных фильтров

Для очистки оборотной воды на промышленной площадке производства вспенивающегося полистирола наиболее приемлемым решением является использование друк-фильтра. Такие фильтры просты по конструкции и работают в периодическом режиме, однако могут быть модифицированы для работы в непрерывном режиме, для чего над фильтрующей перегородкой устанавливают вращающиеся скребки. Устройство друк-фильтра приведено на рис. 6.

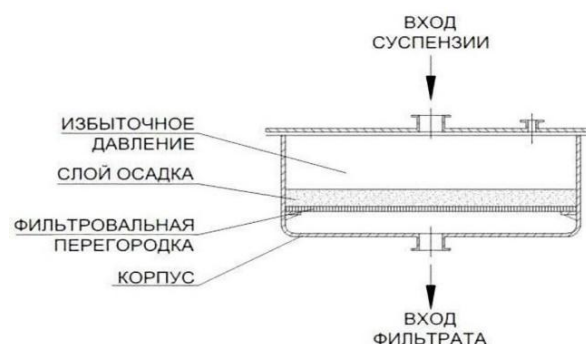


Рисунок 6 – Схема друк-фильтра.

Преимуществом таких фильтров является простота конструкции и обслуживания, отсутствие движущихся элементов, что позволяет таким аппаратам работать в самых разных условиях и обслуживаться персоналом без высокой квалификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Методические указания.** Организация стабилизационной обработки оборотной воды в обществах группы бизнес-блока «Нефтегазохимия» ПАО «НК» РОСНЕФТЬ. – Москва, 2008. – 40 с.
2. **Котова, М.Н.** Особенности водоснабжения промышленных предприятий / М.Н. Котова, И.В. Федотова // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Модернизация и инновации в инженерном образовании и на производстве» (г. Казань). – 2017. – С. 416.
3. **Колесникова, К.В.** Основы водоснабжения и водоотведения промышленных предприятий. Учебное пособие / К.В. Колесникова, Е.А. Якубович. – Москва : Юрайт, 2016. – 546 с.
4. **Количественный химический анализ вод.** Методика измерений массовой концентрации взвешенных веществ в пробах природных и сточных вод гравиметрическим методом. ПНД Ф 14.1:2:3.110-97. – Москва, 2016.
5. **ГОСТ Р59024-2020.** Вода. Общие требования к отбору проб. – Москва: Российский институт стандартизации, 2023.
6. **Гуревич, В.Г.** Методы очистки сточных вод промышленных предприятий / В.Г. Гуревич, Ю.П. Журавлев, И.В. Лосева. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 488 с.
7. **Первова, М.С.** Особенности водоснабжения и водоотведения на промышленных предприятиях нефтегазовой отрасли / М.С. Первова, И.В. Федотова // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в нефтегазовой отрасли» (г. Ставрополь). – 2020. – С. 368.
8. **Колесникова, А.В.** Методы подготовки воды для нужд промышленности. Экологическая безопасность и рациональное природопользование / А.В. Колесникова. – Москва, 2019. – 432 с.
9. **Терещенко, Е.А.** Показатели качества оборотной воды на промышленных предприятиях / Е.А. Терещенко, А.В. Шагалина, А.С. Шкабара // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Экологические и социально-экономические проблемы устойчивого развития» (Москва). – 2018. – С. 268.
10. **Кочарян, В.Н.** Схемы водоснабжения на промышленных предприятиях. Гидротехническое строительство / В.Н. Кочарян, Г.М. Хачатрян. – Москва, 2019. – 354 с.
11. **Быков, Ю.А.** Оценка качества оборотной воды на промышленных предприятиях / Ю.А. Быков, М.А. Карпова, Н.А. Старостина. – Москва, 2015. – 432 с.