

УДК 681.2.083

**Истомин Андрей Леонидович,**

д.т.н., декан факультета управления и бизнеса,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: dekan\_fub@angtu.ru

**Кобозев Владимир Юрьевич,**

старший преподаватель кафедры «Автоматизации технологических процессов»,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,

e-mail: vladimir-kobozeff@yandex.ru

**АНАЛИЗ УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ВСПЕНИВАЮЩЕГОСЯ  
ПОЛИСТИРОЛА КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ***Istomin A.L., Kobozev V.IU.***ANALYSIS OF THE PLANT FOR THE PRODUCTION OF FOAMING POLYSTYRENE  
AS A CONTROL OBJECT**

**Аннотация.** Производится анализ установки по производству вспенивающего полистирола с точки зрения управления.

**Ключевые слова:** вспенивающий полистирол, суспензионная полимеризация, математическая модель, оптимизация.

**Abstract.** The analysis of the plant for the production of foaming polystyrene is carried out from the point of view of management.

**Keywords:** foaming polystyrene, suspension polymerization, mathematical model, optimization.

В современном мире полимерные материалы занимают одно из ключевых мест в промышленности, строительстве и других отраслях.

Вспенивающийся полистирол (ВПС) является одним из наиболее востребованных и перспективных полимерных материалов, который находит широкое применение в различных сферах деятельности. Например [2]:

- в производстве пенополистирольных блоков и плит различной конфигурации для тепло-звукоизоляции зданий и помещений любого назначения;

- в изготовлении упаковки сложной формы для различных приборов, требующих защиты от удара при хранении и транспортировке;

- в изготовлении комплектующих деталей автомобилей, плавучих средств, декоративных изделий интерьера;

- в получении полистиролбетона - легкого бетона на цементном вяжущем и вспененном полистирольном наполнителе, применяемого в изготовлении теплоизоляционных блоков и плит, монолитной теплоизоляции чердаков, кровель, наружных стен, полов и др.;

- для изготовления отделочных материалов для потолка – плиток, плинтусов, розеток.

Каждая гранула ВСП состоит из рав-

номерно распределенных микроскопических плотных клеток, заполненных воздухом. В результате образуется равномерновспененная масса с очень тонкой замкнуто-ячеистой структурой. Благодаря внутренней структуре обладает очень низкой теплопроводностью, близкой к теплопроводности неподвижного воздуха. Таким образом, полистирол представляет собой застывшую при охлаждении жесткую вспененную полистирольную массу с замкнутыми ячейками, заполненными воздухом, и является экологически безопасным строительным материалом.

Производство данного материала требует строгого соблюдения технологических процессов и контроля над всеми параметрами производства.

В промышленном производстве применяется три способа получения ВПС: полимеризация в массе, суспензионная и эмульсионная полимеризация.

В данной статье будет проведен анализ установки по производству ВПС ОАО «Ангарский завод полимеров» с целью оптимизации процессов и повышения эффективности производства.

Установка по производству вспенивающегося полистирола «Ангарского завода полимеров» представляет собой комплекс оборудования, предназначенного для осуществления полного технологического цикла

производства вспенивающегося полистирола по технологии суспензионной полимеризации.

Для оптимизации процессов производства и повышения его эффективности необходимо провести анализ установки и выявить возможные проблемы. Рассмотрим несколько основных аспектов.

Контроль над качеством сырья. Обеспечение стабильности качества сырья является ключевым фактором для получения продукции высокого качества. Необходимо про-

водить регулярный контроль над составом и свойствами сырья, а также обеспечивать его хранение в оптимальных условиях.

Контроль над технологическими параметрами. Обеспечение стабильных и контролируемых параметров производства является важным фактором для получения качественной продукции. Необходимо осуществлять контроль над температурой, временем выдержки, давлением и другими параметрами в каждой стадии производства. Схема стадий производства представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Стадии процесса получения полистирола суспензионным методом

Рассмотрим каждую стадию процесса производства более подробно с описанием оборудования и контролируруемыми технологическими параметрами [1]:

*Подготовка сырья* (приготовление раствора поливинилового спирта ПВС). На данной стадии происходит дозирование и смешивание ПВС с фильтрованной водой в двух растворителях. Технологическим оборудованием, используемым на данной стадии, служат две ёмкости растворителя объёмом  $20 \text{ м}^3$  с мешалками, два фильтра грубой очистки и два насоса мощностью 17 кВт для перекачки раствора ПВС.

Необходимое количество подаваемой фильтрованной воды отмеряется расходомерами-счётчиками. В ёмкостях-растворителях производится контроль уровня. Температура раствора ПВС регулируется подачей пара  $4 \text{ кгс/см}^2$ . Основным контролируемым показателем стадии подготовки является уровень рН раствора ПВС, который должен составлять  $6.5 - 8$  единиц рН.

*Полимеризация* является одним из основных методов синтеза полимеров. Это реакция соединения молекул мономера, не сопровождающаяся выделением побочных продуктов, поэтому, элементарный состав мономера и полимера одинаков.

Данный процесс основан на способности стирола при повышенных температурах и в присутствии инициаторов, вступать в реакцию полимеризации, которая протекает по радикальному механизму и состоит из трех стадий - образование свободных радикалов (активных центров, являющихся инициаторами цепного процесса), рост цепи, обрыв цепи полимера.

Вспенивающийся полистирол является продуктом полимеризации стирола, проводящийся суспензионным методом в присутствии инициаторов, регулятора роста цепи и порообразователя. Благодаря наличию водной дисперсной фазы облегчен отвод тепла экзотермической реакции, что упрощает управление процессом и регулирование режима работы реактора (аппарата).

В качестве инициаторов процесса применяются: перекись бензоила, третбутилпербензоат, для регулирования роста цепи димер альфа-метилстирол, в качестве порообразователя – изопентановая фракция (смесь ИПФ и фракции нормального пентана).

Процесс полимеризации от начала и до конца проводится в аппаратах-полимеризаторах. Полимеризаторы представляют собой стальные цилиндрические сосуды с эллиптическими приварными дни-

щами и съёмной крышкой объёмом 10 м<sup>3</sup>, снабженные рубашкой для циркуляции пароводяной смеси и трехъярусной, двухлопастной мешалкой с возможностью плавного изменения числа оборотов от 0 до 60 об/мин. Рабочее давление в полимеризаторах 10 кгс/см<sup>2</sup>.

Контролируемые и регулируемые параметры данной стадии:

- необходимые количество, согласно рецепту, стирола, ПВС, фильтрованной воды, отмеряется насосами-дозаторами по показаниям расходомеров-счётчиков;

- навеска инициаторов (перекись бензоила), усилителей (дикумил пероксид) и регуляторов полимеризации производится вручную;

- регулирование температуры в реакторах осуществляется по двухконтурной схеме: в контуре нагрева циркулирует пар 6 кгс/см<sup>2</sup>, а в контуре охлаждения - промышленная вода;

- поддержание уровня в ёмкостях и реакторах осуществляется с помощью открытия-закрытия отсечных клапанов в зависимости от показателей датчиков уровня;

- контроль давления в аппаратах и на нагнетании насосов производится по датчикам давления;

- изменение скорости вращения мешалки на разных стадиях, так как неправильный выбор скорости может привести к повышению вязкости смеси, что негативно скажется на процессе полимеризации.

Полученная на стадии полимеризации суспензия полистирола поступает в *отделение промывки*, где в центрифугах под действием центробежной силы производится разделение суспензии полистирола на жидкую и газовые фазы. Газовая фаза отсасывается вентилятором и отправляется на свечу. Жидкая фаза насосами перекачивается в бункер отделения сушки.

На стадии промывки контролируются следующие параметры технологического процесса:

- соотношение жидкой и твёрдой фазы 1:2-1:3 в суспензии, при отклонении соотношения с помощью насосов дозаторов добавляется необходимое количество фильтрованной воды;

- уровни заполнения ёмкостей и бункеров с промытой суспензией;

- для обеспечения нормальной работы электродвигателей центрифуг у них контро-

лируются температура подшипников; уровень смазки в бачках; давления на нагнетании в линии смазочных насосов; количество оборотов и уровень вибрации. При превышении нормативных показателей по одному из этих параметров электродвигатель останавливается.

*Процесс сушки* вспенивающегося полистирола осуществляется в сушильном агрегате, работающем по принципу «кипящего слоя». Промытая суспензия из бункера поступает в сушильный аппарат, где обдувается вентилятором, который нагнетает предварительно нагретый в калорифере воздух. Высушенный бисер вспенивающегося полистирола транспортируется азото-воздушной смесью на дальнейшую переработку. Отработанный воздух с помощью вентилятора проходит через циклоны и скруббер для очистки. Очищенный воздух сбрасывается в атмосферу.

В процессе сушки контролируются и регулируются следующие основные параметры:

- температура воздуха регулируется автоматически с коррекцией по температуре материала (бисера полистирола) в камере сушки;

- расход и уровень воды в скруббере очистки.

Помимо четырёх основных стадий в процессе производства также есть стадии транспортировки, отсева и фасовки готовой продукции, подготовки воды, очистки сточных вод, сбора парового конденсата.

С целью оптимизации данного производственного процесса планируется создать математическую модель, которая позволит разработать усовершенствованные алгоритмы управления для снижения затрат на стадии производства ВПС. На данный момент часть операций выполняется вручную. Использование современных автоматизированных систем управления и контроля позволяет оптимизировать процессы, снизить влияние человеческого фактора и повысить эффективность производства в целом.

Помимо оптимизации планируется включить разработанную модель технологического процесса в состав компьютерного тренажёра для обучения технологического персонала данной установки.

Таким образом, анализ установки по производству вспенивающегося полистирола позволяет выявить возможные недостатки и

проблемы в процессе производства, а также наметить планы по разработке мероприятий

по их устранению и оптимизации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технологический регламент производства вспенивающегося полистирола.

2. Вспенивающийся полистирол: сайт Neftegaz.ru. [Электронный ресурс]. 3 января

2009 г. URL: [https://neftegaz.ru/science/ petrochemistry/332446-vspenivayushchiysyapolistirol/](https://neftegaz.ru/science/petrochemistry/332446-vspenivayushchiysyapolistirol/) (дата обращения 9 ноября 2023).

УДК 665.6

**Кузора Игорь Евгеньевич,**

*к.т.н., доцент кафедры «Химическая технология топлива»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: chemtehnol@angtu.ru*

**Симонова Елена Валерьевна,**

*соискатель кафедры «Химическая технология топлива»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: simonovaev2023@mail.ru*

### КЛАССИФИКАЦИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ И ПОДБОР МЕТОДОВ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ

*Kuzora I.E., Simonova E.V.*

### CLASSIFICATION OF OILY WASTE AND SELECTION OF METHODS OF ITS PROCESSING

**Аннотация.** Проведена систематизация источников образования нефтесодержащих отходов на нефтеперерабатывающем предприятии. Изучены физико-химические и химмотологические характеристики нефтешламов различной технологической природы. Исследованы варианты переработки донных отложений нефтяных резервуаров с получением топливных композиций и светлых дистиллятных нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** нефтесодержащие отходы, нефтешлам, донные отложения, топливные композиции, термодеструкция, бензин, дизельная фракция.

**Abstract.** The systematization of the sources of formation of oil-containing waste at the refinery has been carried out. The physicochemical and chemmotological characteristics of oil sludge of various technological nature have been studied. The variants of processing bottom sediments of oil tanks with the production of fuel compositions and light distillate petroleum products are investigated.

**Keywords:** oily-wastes, oil sludge, bottom sediments, fuel compositions, thermal degradation, gasoline, diesel fraction.

Актуальной экологической проблемой остается обращение с накопленными и вновь образующимися в производстве опасными отходами. Многообразие видов отходов, нестабильность их составов и свойств, широкий диапазон объема образования обуславливает сложность решения проблемы их обезвреживания или квалифицированной переработки [1].

В целом по России остается проблема переработки ранее накопленных отходов с химических и нефтехимических производств. Одним из основных современных путей решения проблемы обращения с отходами

является разработка и внедрение технологий по переработке отходов с получением товарной продукции [2].

Общее количество ежегодно образующихся нефтешламов по предприятиям нефтяной отрасли России составляет, по мнению некоторых ученых, около 500 тыс. тонн, а ресурсы этих отходов, находящихся в земляных амбарах, оцениваются в 4,5 млн. тонн. Проблема утилизации или ликвидации нефтесодержащих отходов, как правило, является сложной технической задачей. На сегодняшний день имеется много практических разработок по технологии