

Е. В. Бауман, И. В. Коц, к. т. н., доц.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИОННОЙ УСТАНОВКОЙ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЁЁ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА

Предложены технические средства и соответствующие им алгоритмы управления технологическими процессами при эмульгировании битума на основе анализа результатов их математического моделирования. Система автоматизированного управления учитывает основные показатели оборудования для приготовления эмульсии, составляющие этапы технологии эмульгирования, параметры входящего сырья и оценку произведенного продукта.

Ключевые слова: эмульсионная установка, битумная эмульсия, кавитационный диспергатор, дистанционная система автоматизированного управления, математическая модель технологического процесса, парогазовые пузыри.

Введение

В последнее время широко распространённым стало использование холодных технологий приготовления битуминозных строительных материалов (асфальтобетонных смесей, кровельных и гидроизоляционных материалов). По сравнению с горячими технологиями холодные технологии приготовления битуминозных строительных материалов обеспечивают значительную экономию битума (до 30%), снижение расхода энергии в 1,5 раза, экологическую чистоту производства и использования, а также возможность выполнения строительных и дорожных работ с ранней весны до поздней осени [1]. Битумные эмульсии – основной составной компонент холодных технологий – смесь мелкодисперсного битума и воды с добавлением специальных веществ, которые эмульгируют и стабилизируют дисперсную систему. Приготовление разнообразных эмульсий, в том числе битумной эмульсии, – довольно энергоёмкий процесс, который формирует физико-механические свойства и определяет качество и цену продукции. Нарушение технологического регламента и отступления на данном этапе приводят к значительным экономическим потерям. Таким образом, разработка системы автоматизированного управления технологическим оборудованием, гарантирующая соблюдение технологического регламента, – актуальная задача.

Анализ последних исследований

Система управления и информационно-измерительные устройства являются одним из важных конструктивных узлов, определяющих как качество готовой продукции, так и функционирование технологического оборудования в целом. Наличие данного приспособления позволяет отслеживать параметры и характеристики протекания технологического процесса приготовления битумных эмульсий с наперед заданными свойствами. Преобладающее большинство известного технологического оборудования для приготовления битумных эмульсий базируется в основном на использовании информационно-измерительных устройств и систем управления при участии человека – оператора, который в ручном режиме подбирает соответствующие рабочие режимы и следит за их выполнением [1 – 3]. Такое оснащение технологического оборудования не всегда способствует достижению качественных результатов, так как зависит от множества объективных и субъективных факторов, связанных с производственным опытом оператора, точностью измерений приборов и т. п. В то же время известен целый ряд производств, например, изготовление керамических изделий, металлургия, энергетика и другие, в которых

широко используются системы автоматизированного управления, базирующиеся на основных утверждениях и результатах, полученных с математических моделей протекающих технологических процессов [4 – 6].

Формулирование цели работы

Выполняемая по данной тематике научно-исследовательская работа направлена на изучение особенностей технологического процесса изготовления битумных эмульсий, осуществляющегося с помощью специальной установки, разработанной в НИЛ гидродинамики Винницкого национального технического университета (ВНТУ) [2]. Предусматривается на основании математической модели технологического процесса разработать алгоритм функционирования системы автоматизированного управления, обеспечивающий достижение рациональных эффективных рабочих режимов и необходимого качества готовой продукции.

Основная часть

В НИЛ гидродинамики ВНТУ была разработана конструкция установки для приготовления битумной эмульсии (рис. 1), в которой для приготовления эмульсий используется кавитационный диспергатор.

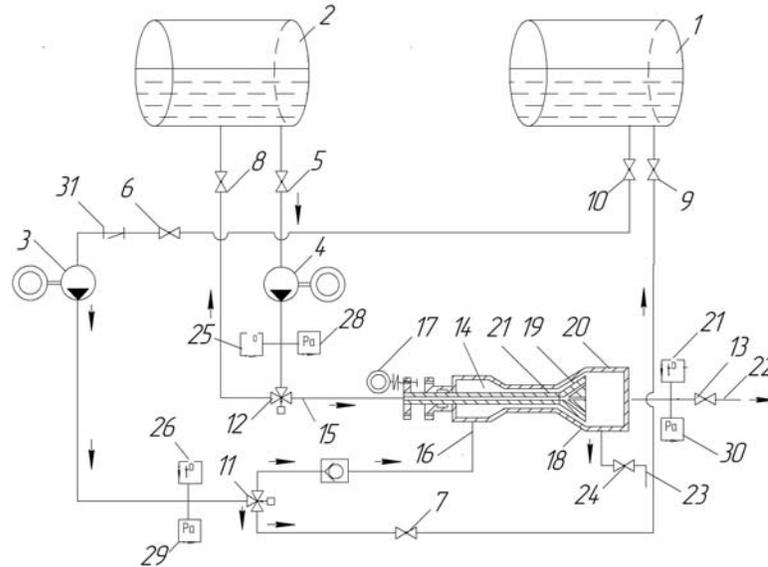


Рис. 1. Принципиальная схема установки для приготовления битумных эмульсий: 1, 2 – ёмкости, соответственно, с битумом и водным раствором с технологических наполнителей; 3, 4 – битумный и водяной насосы; 5, 6 – входные краны: битумный и водяной; 7, 8 – байпасные краны: битумный и водяной; 9, 10 – запорные вентили; 11, 12 – трёхходовые краны; 13 – выпускной кран; 14 – аккумуляционная камера; 15, 16 – трубопроводы подачи водного раствора с технологических наполнителей и жидкого битума; 17 – шаговый электродвигатель; 18 – диффузная часть кавитатора; 19 – конусообразный рабочий орган; 20 – смесительная камера; 21 – направляющий стержень; 22 – трубопровод отбора эмульсии; 23 – пробоотборник; 24 – кран пробоотборника; 25, 26, 27, 28, 29, 30 – датчики температуры и давления; 31 – водный фильтр

Суть технологического процесса производства битумной эмульсии заключается в следующем. Сначала водопроводную (по необходимости смягчённую) воду нагревают до 50°C и перемешивают со специальными добавками, которые интенсифицируют эмульгирование, а битум нагревают до температуры 150°C. Кран водяной входной 5, битумный входной 6, водяной байпасный 8, битумный байпасный 7 и запорные вентили 9, 10 устанавливают в открытом положении. Битумный и водяной насосы-дозаторы 3 и 4 при этом работают, а трёхходовые краны 11 и 12 установлены в положении подачи на байпас, при Наукові праці ВНТУ, 2008, № 4

котором компоненты по линиям возвращения подаются в ёмкости 1 и 2. По достижению битумом и водным раствором с технологических наполнителей необходимых параметров по температуре частично открывают выпускной кран 13 на подачу битумной эмульсии на склад готовой продукции и после выравнивания давления воды и битума переключают трёхходовой кран 11, а после 1 – 2 секунд трёхходовой кран 12 на подачу компонентов в кавитационный диспергатор. Водный раствор с технологических наполнителей трубопроводом 15 подаётся на основной канал направляющего стержня 21. Для интенсификации перемешивания размещены дополнительные каналы в конусообразном рабочем органе кавитатора. По основному и дополнительным каналам направляющего стержня водный раствор из технологических наполнителей поступает к смесительной камере кавитатора 20. Жидкий битум по трубопроводу 16 поступает к аккумулялирующей камере 14, после которой движение битума ускоряется вследствие уменьшения проходимого отверстия в конфузальной части кавитатора. При прохождении жидкого битума через зазор между конической поверхностью конусообразного рабочего органа 19 и внутренней поверхностью диффузорной части кавитатора 18 в смесительной камере 20 возникает перепад давления, который способствует возникновению кавитации. Благодаря кавитационному процессу, происходит непрерывное приготовление битумной эмульсии с необходимыми исходящими качественными параметрами. Эмульсия трубопроводом 22 подаётся в ёмкость готового продукта или сразу загружается в автобитумовоз.

Регулирование зазора между конической поверхностью конусообразного рабочего органа 19 и внутренней поверхностью диффузорной части кавитатора 18 осуществляется с помощью направляющего стержня 20, один конец которого прикреплённый к конусообразному рабочему органу 19, а другой – к шаговому электродвигателю 17.

Установка предназначена для непрерывной работы в технологической линии приготовления смеси. Установка обеспечена дистанционным управлением технологическим процессом кавитационной обработки.

Моделирование процесса приготовления битумной эмульсии базируется на использовании законов сохранения энергии, тепло- и массообмена [7]. Разнообразие исходящих данных, связанное со свойствами сырья, температурным режимом, соотношениями нагнетания компонентов в зону смешивания и кавитации, обуславливают большое количество моделей и методик управления.

На основе математической модели технологического процесса выведено уравнение для определения давления в зоне кавитации:

$$p_r = p_v - \frac{4\sigma}{3R_r}, \quad (1)$$

$$R_r = R_0 \left[\frac{3R_0 p_{g0}}{2\sigma} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (2)$$

где R_r – размер образованного парогазового пузыря, p_v, σ – соответственно давление насыщенного пара и коэффициента поверхностного натяжения жидкости, которое зависит от вида, свойств и температуры жидкой среды; p_{g0} – начальное равновесное давление газа в пузырьке, R_0 – начальный размер пузырька.

В процессе настройки функционирования эмульсионной установки в подготовительный период и во время текущего технологического процесса системой автоматизированного управления контролируется давление в зоне кавитации и согласно соответствующим алгоритмам корректируется настройка соответствующего давления на выходе каждой из линий подачи компонентов.

Структурная схема АСУТП приготовления битумной эмульсии представлена на рис. 2.



Рис.2. Структурная схема АСУТП приготовления битумной эмульсии

К основным функциям системы автоматизированного управления относится регулирование (стабилизация) заданных значений массовых потерь компонентов, необходимых для образования качественной битумной эмульсии. Кроме того, данная система осуществляет контроль и управление температурным режимом нагревателей, а также осуществляет выдачу команд на механическое перемещение задвижек, трёхходовых клапанов, клапанов регулирования.

В случае, когда некоторые рабочие параметры технологического процесса (температура, давление, массовые потери компонентов) выходят за установленные границы, блокируется подача компонентов на диспергирование, срабатывают защитные приспособления – и компоненты возвращаются через байпасные трубопроводы в технологическую ёмкость. В процессе работы система постоянно корректирует величины подачи каждой из отдельных линий дозирования в случае отклонения их от заданных массовых соотношений. Концентрация эмульсии определяется автоматически в зависимости от разницы температур битума и битумной эмульсии, битумной эмульсии и воды.

Информационное обеспечение системы реализуется, благодаря использованию видеотерминала АРМ оператора. На mnemonic схеме изображается в графическом виде состав, размещение и взаимосвязи оборудования технологического процесса. На видеотерминале выводятся числовые значения прямых и усреднённых переменных, характеризующих технологические параметры процесса и состояние оборудования. Выводятся данные интерактивного ввода, дата и время работы линий дозирования с момента их запуска для выполнения заданного рецепта, графики изменения значения массовой потери и погрешностей стабилизации каждого из компонентов, а также текстовые сообщения о нештатных случаях процесса, который содержит время и идентификатор источника аварии.

Система реализует автоматическое ведение протокола и архива данных и событий с возможностью их просмотра на видеотерминале операторской станции на протяжении процесса.

Оператор в интерактивном режиме может редактировать текущий рецепт эмульсии, управлять задвижками, трёхходовыми клапанами, клапанами регулирования давления, запуском насосов битума и водного раствора, регулировать положение рабочего органа кавитатора.

В автоматическом режиме система автоматизированного управления поддерживает

процентное соотношение компонентов смеси в соответствии с заданными значениями потерь за счёт стабилизации массовой потери компонентов, система рассчитывает следующие значения: заданное значения массы каждого компонента, заданное значение массовой потери каждого из компонентов.

Испытания экспериментальной установки проводились на одном из асфальтобетонных заводов Украины. Полученные прямые эмульсии отличаются высокой дисперсностью и стойкостью.

Выводы

1. Предложено специальное технологическое оборудование – эмульсионная установка с кавитационным диспергатором для изготовления битумной эмульсии, которая оборудована дистанционной системой автоматизированного управления.
2. Приводится анализ существующих систем автоматизированного управления эмульсионной установкой, который подтверждает отсутствие технически совершенного оборудования в этой области, обеспечивающего возможность исполнения необходимого функционального предназначения устройств установки для приготовления битумной эмульсии и способствующего получению качественной готовой продукции с учетом входящего сырья и тепловых и гидродинамических характеристик.
3. На основании анализа математической модели технологического процесса и результатов её исследования предложен алгоритм выбора параметров настройки управляющих и приводных устройств системы автоматизированного управления эмульсионной установкой, которая, в отличие от существующих, гарантирует предварительное прогнозирование свойств готовой продукции – битумной эмульсии, а также позволяет рационально использовать энергетические ресурсы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Битумные эмульсии. Особенности состава и применения [Электронный ресурс] / В.А. Будник, Н.Г. Евдокимова, Б.С. Жирнов // Нефтегазовое дело – 2006. – Режим доступа до журн.: <http://www.ogbus.ru>.
2. Бауман К.В., Борисенко А.А. Нова технологія та устаткування для виготовлення бітумної емульсії // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2008. – № 75. – С. 47 – 50.
3. О механизмах фазовых превращениях в каплях водотопливной эмульсии [Электронный ресурс] / А. Я. Исаков // Научный журнал КубГАУ – 2006. – №21(5) – Режим доступа до журн.: <http://ej.kubagro.ru/archive.asp?n=21>.
4. Москвіна С.М. Проблеми оптимізації управління технологічним процесом виготовлення цегли / С. М. Москвіна, Д. О. Ковалюк // Вісник ХНУ. – 2005. – № 5. – С.121 – 125.
5. Лисенко В. Г. Математическое моделирование теплообмена в печах и агрегатах / В. Г. Лисенко, В. В. Волков, А. Л. Гончаров – К.: Наукова думка, 1984. – 232 с.
6. Жученко А. І. Оптиміальне керування процесом випалювання керамічної цегли / А. І. Жученко, І. В. Ярошук // Автоматизація виробничих процесів. – 2002. – № 2 (15). – С.45 – 50.
7. Бауман К. В. Кавітаційна установка для приготування бітумних емульсій / К. В. Бауман // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – № 30. – С. 136 – 141.

Бауман Катерина Владимировна – аспірант кафедри теплогазоснабження, iekaterina@ukr.net

Коц Иван Васильевич – к. т. н., доцент кафедри теплогазоснабження, научный руководитель и заведующий НИЛ гидродинамики Винницкого национального технического университета, тел.:(0432)-598170, ivkots@inbtegp.vstu.vinnica.ua.

Винницкий национальный технический университет.