

УДК 665.775.5: 681.5

К. В. Бауман; І. В. Коц, к. т. н., доц.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕМУЛЬСІЙНОЮ УСТАНОВКОЮ НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЇЇ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ

Запропоновано технічні засоби та відповідні їм алгоритми управління технологічними процесами при емульгуванні бітуму на підставі аналізу результатів їх математичного моделювання. Система автоматизованого керування враховує основні показники устаткування для приготування емульсії, складові етапи технології емульгування й параметри вхідної сировини та оцінку вихідного продукту.

Ключові слова: *емульсійна установка, бітумна емульсія, кавітаційний диспергатор, дистанційна система автоматизованого керування, математична модель технологічного процесу, парогазові бульбашки.*

Вступ

У наш час широкого поширення набули холодні технології приготування й застосування бітумінозних будівельних матеріалів (асфальтобетонні суміші, покрівельні й гідроізоляційні матеріали), які на відміну від гарячих технологій, що використовують розплавлений бітум, забезпечують значну економію бітуму (до 30%), зниження витрати енергії в 1,5 рази, екологічну чистоту виробництва й застосування, а також можливість виконання будівельних і дорожніх робіт з ранньої весни до пізньої осені [1]. Основним складовим компонентом холодних технологій є бітумні емульсії – суміш дрібнодисперсного бітуму й води з додаванням спеціальних речовин, що емульгують, стабілізують дисперсну систему. Виготовлення різноманітних емульсій, зокрема бітумної емульсії, – досить енергоємний процес, що формує фізико-механічні властивості та визначає якість і ціну продукції. Порушення технологічного регламенту та відхилення на цьому етапі призводять до значних економічних втрат. Отже, розробка системи автоматизованого керування технологічним обладнанням, яка забезпечить гарантоване його дотримання, є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень

Одним із важливих конструктивних вузлів, який визначає функціонування технологічного обладнання в цілому та якість вихідної продукції, є його система керування й інформаційно-вимірювальні пристрої. Завдяки наявності такого устаткування стає можливим відслідковування параметрів і характеристик протікання технологічного процесу із приготування бітумних емульсій із наперед заданими властивостями. Переважна більшість відомого технологічного обладнання з виготовлення бітумних емульсій базується переважно на застосуванні інформаційно-вимірювальних пристроїв і систем керування за участі людини-оператора, яка в ручному режимі підбирає відповідні робочі режими й слідкує за їх виконанням [1 – 3]. Таке оснащення технологічного обладнання не завжди сприяє досягненню якісних результатів, тому що залежить від безлічі об'єктивних та суб'єктивних чинників, зокрема пов'язаних із виробничим досвідом оператора, точністю вимірювання приладів тощо. Водночас існує низка виробництв, наприклад, виготовлення керамічних виробів, металургія, енергетика та інші, в яких використання систем автоматизованого керування знайшло широке застосування й базується на основних положеннях і результатах, отриманих із математичних моделей здійснюваних технологічних процесів [4 – 6].

Формулювання мети роботи

Виконувана за даною тематикою науково-дослідна робота спрямована на вивчення
Наукові праці ВНТУ, 2008, № 4

особливостей технологічного процесу виготовлення бітумних емульсій, який здійснюється за допомогою спеціальної установки розробленої, в НДІ гідродинаміки Вінницького національного технічного університету (ВНТУ) [2]. Передбачається на підставі математичної моделі технологічного процесу розробити алгоритм функціонування системи автоматизованого керування, який забезпечить досягнення раціональних ефективних робочих режимів і необхідної якості вихідної продукції.

Основна частина

У НДІ гідродинаміки ВНТУ була розроблена конструкція установки для приготування бітумної емульсії (рис. 1), в якій для приготування емульсії використовується кавітаційний диспергатор.

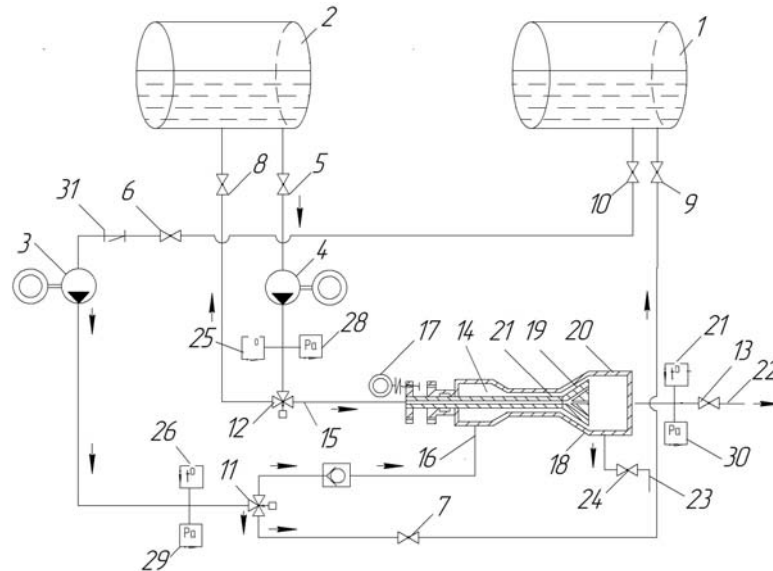


Рис. 1. Принципова схема установки для приготування бітумних емульсій: 1, 2 – ємності, відповідно, з бітумом та водною фазою; 3, 4 – бітумний та водяний насоси; 5, 6 – вхідні крани: бітумний та водяний; 7, 8 – байпасні крани: бітумний та водяний; 9, 10 – запірні вентилі; 11, 12 – триходові крани; 13 – випускний кран; 14 – акумулююча камера; 15, 16 – трубопроводи подачі водної фази та рідкого бітуму; 17 – кроковий електродвигун; 18 – дифузorna частина кавітатора; 19 – конусоподібний робочий орган; 20 – змішувальна камера; 21 – напрямлюючий стержень; 22 – трубопровід відбору емульсії; 23 – пробовідбірник; 24 – кран пробовідбірника; 25, 26, 27, 28, 29, 30 – датчики температури й тиску; 31 – водяний фільтр

Суть технологічного процесу виробництва бітумної емульсії полягає в тому, що спочатку водопровідну (при необхідності зм'якшену) воду нагрівають до 50° і змішують із спеціальними добавками, які інтенсифікують емульгування, а бітум нагрівають до температури 150°C . Кран водяний вхідний 5, бітумний вхідний 6, водяний байпасний 8, бітумний байпасний 7 та запірні вентилі 9, 10 встановлюються у відкритому положенні. Бітумний та водяний насоси-дозатори 3 та 4 при цьому працюють, а триходові крани 11 та 12 установлені в положенні подачі на байпас, при якому компоненти по лініях повернення подаються в ємності 1 та 2. Після досягнення бітумом та водною фазою необхідних параметрів за температурою частково відкривається випускний кран 13 на подачу бітумної емульсії на склад готової продукції та після вирівнювання тисків води і бітуму переключається триходовий кран 11, а після 1–2 секунд триходовий кран 12 на подачу компонентів у кавітаційний диспергатор. Водний розчин із технологічних наповнювачів трубопроводом 15 подається на основний канал напрямлюючого стержня 21. Для інтенсифікації перемішування розташовані додаткові канали в конусоподібному робочому органі кавітатора. По основному та додаткових каналах напрямлюючого стержня водний розчин із технологічних наповнювачів надходить до змішувальної камери кавітатора 20.

Рідкий бітум по трубопроводу 16 надходить до акумулюючої камери 14, після якої рух бітуму прискорюється внаслідок зменшення прохідного отвору в конфузорній частині кавітатора. При проходженні рідкого бітуму крізь зазор між конічною поверхнею конусоподібного робочого органу 19 та внутрішньою поверхнею дифузornoї частини кавітатора 18 у змішувальній камері 20 виникає перепад тиску, що і сприяє виникненню кавітації. Завдяки кавітаційному процесу, відбувається безперервне приготування бітумної емульсії із необхідними вихідними якісними параметрами. Емульсія трубопроводом 22 подається в ємність готового продукту або відразу завантажується в автобітумовоз.

Регулювання проміжку між конічною поверхнею конусоподібного робочого органу 19 та внутрішньою поверхнею дифузornoї частини кавітатора 18 здійснюється за допомогою напрямляючого стержня 20, один кінець якого приєднаний до конусоподібного робочого органу 19, а інший – до крокового електродвигуна 17.

Установка призначена для безперервної роботи в технологічній лінії приготування суміші. Установка забезпечена дистанційним керуванням технологічним процесом кавітаційної обробки.

Моделювання процесу виготовлення бітумної емульсії базується на використанні законів збереження енергії, тепло- і масообміну [7]. Проте різноманітність вихідних даних, що пов'язана із властивостями сировини, температурним режимом, співвідношеннями нагнітання компонентів у зону змішування та кавітації, зумовила велику кількість моделей і методик управління.

На підставі математичної моделі технологічного процесу встановлене рівняння для визначення тиску в зоні кавітації:

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

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

де R_r – розмір утвореної парогазової бульбашки, p_v, σ – відповідно тиск насиченої пари та коефіцієнт поверхневого натягу рідини, що залежать від виду, властивостей і температури рідкого середовища; p_{g0} – початковий рівноважний тиск газу в бульбашці, R_0 – початковий розмір бульбашки.

У процесі налагодження функціонування емульсійної установки в підготовчий період і під час поточного технологічного процесу системою автоматизованого керування здійснювався контроль за тиском у зоні кавітації й згідно з відповідним алгоритмом коригування налагодження відповідного тиску на виході кожної із ліній подачі компонентів.

Структурна схема АСУТП приготування бітумної емульсії представлена на рис. 2.



Рис. 2. Структурна схема АСУТП приготування бітумної емульсії

До основних функцій системи автоматизованого керування належить регулювання (стабілізація) заданих значень масових витрат компонентів, необхідних для утворення якісної бітумної емульсії. Окрім того, ця система здійснює контроль і управління температурним режимом нагрівачів, а також здійснює видачу команд на механічне переміщення засувки, триходових клапанів, клапанів регулювання тощо.

У випадку, коли певні робочі параметри технологічного процесу (температура, тиск, масові витрати компонентів) виходять за встановлені межі, то відбувається блокування подачі компонентів на диспергування, спрацьовують захисні пристрої – і компоненти повертаються через байпасні трубопроводи в технологічну ємність. У процесі роботи система виконує постійне коригування величини подачі кожної з окремих ліній дозування у випадку відхилення їх від заданих масових співвідношень. Концентрація емульсії визначається автоматично в залежності від різниці температур бітуму й бітумної емульсії, бітумної емульсії й води.

Інформаційне забезпечення системи реалізується, завдяки використанню відеотерміналу АРМ оператора. На мнемонічній схемі відображується в графічному вигляді склад, розміщення та взаємозв'язки обладнання технологічного процесу. На відеотермінал виводяться числові значення прямих та опосередкованих змінних, що характеризують технологічні параметри процесу і стан обладнання. Виводяться дані інтерактивного введення, дата та час роботи ліній дозування з моменту їх запуску для виконання заданого рецепта, графіки зміни значення масової витрати та похибок стабілізації кожного з компонентів, а також текстові повідомлення про нештатні випадки процесу, що вміщують час та ідентифікатор джерела аварії.

Система реалізує автоматичне ведення протоколу та архіву даних і подій із можливістю їх перегляду на відеотерміналі операторської станції в ході процесу.

Оператор в інтерактивному режимі може редагувати поточний рецепт емульсії, керувати засувками, триходовими клапанами, клапанами регулювання тиску, запуском насосів бітуму та водного розчину, регулювати положення робочого органу кавітатора.

В автоматичному режимі система автоматизованого керування підтримує відсоткове співвідношення компонентів суміші у відповідності із заданими значеннями витрат за рахунок стабілізації масової витрати компонентів, система розраховує такі значення: задане значення маси кожного компонента, задане значення масової витрати кожного із компонентів.

Випробування експериментальної установки проводилися на одному з асфальтобетонних заводів України. Отримані прямі емульсії відрізняються високою дисперсністю та стійкістю.

Висновки

1. Запропоновано спеціальне технологічне обладнання – емульсійну установку з кавітаційним диспергатором для виготовлення бітумної емульсії. Ця установка оснащена дистанційною системою автоматизованого керування.
2. Наведено аналіз існуючих систем автоматизованого керування емульсійною установкою, який доводить відсутність технічно досконалого устаткування в цій галузі, яке забезпечуватиме можливості виконання необхідного функціонального призначення пристроїв установки з виготовлення бітумної емульсії і сприятиме отриманню якісної вихідної продукції з урахуванням вхідної сировини та теплових і гідродинамічних характеристик.
3. На підставі аналізу математичної моделі технологічного процесу та результатів її дослідження запропоновано алгоритм вибору параметрів налагодження керуючих та приводних пристроїв системи автоматизованого керування емульсійною установкою, яка, на відміну від існуючих, гарантує попереднє прогнозування властивостей вихідної продукції – бітумної емульсії, а також дозволяє раціонально використовувати енергетичні ресурси.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Битумные эмульсии. Особенности состава и применения [Електронний ресурс] / В.А. Будник, Н.Г. Евдокимова, Б.С. Жирнов // Нефтегазовое дело – 2006. – Режим доступу 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 [Електронний ресурс] / А.Я. Исаков // Научный журнал КубГАУ – 2006. – №21(5) – Режим доступу 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. Оптимальне 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 Володимирівна – аспірант кафедри теплогазопостачання, iekaterina@ukr.net

Коц Іван Васильович – к. т. н., доцент кафедри теплогазопостачання, науковий керівник і завідувач НДІ гідродинаміки Вінницького національного технічного університету, тел.:(0432)-598170, ivkots@inbtegr.vstu.vinnica.ua

Вінницький національний технічний університет.