

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕЧІ ДЛЯ ПЕРЕГРІВУ ВОДЯНОЇ ПАРИ ЯК ОБ'ЄКТА МОДЕЛЮВАННЯ

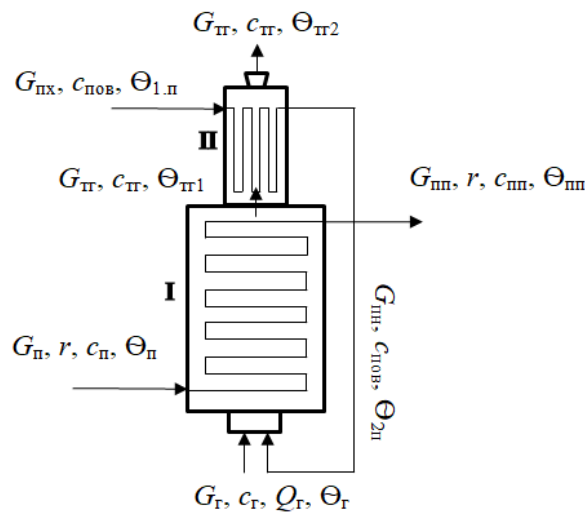
Звіздогляд О. В., Ярощук Л. Д.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, sanyazov@ukr.net

У виробництві стиролу-сирцю одним із основних апаратів є піч для перегрівання водяної пари, в якій пару нагрівають до потрібної температури в результаті спалювання газового палива. Пара виступає головним носієм теплової енергії в названому виробництві.

Метою дослідження є аналіз апарата як об'єкта моделювання для подальшої розробки системи керування.

Стирол-сирець C_8H_8 ($C_6H_5CH = CH_2$) має скорочене хімічне позначення *PhVi* (фенілетілен, вінілбензол, етенілбензол), це безбарвна отруйна рідина зі специфічним запахом. У промисловості 85 % стиролу одержують дегідруванням етилбензолу. В цій технології головним джерелом теплової енергії є піч для перегрівання пари. На підприємствах з виробництва стиролу зазвичай використовують трубчасті печі [1, 2].

На рисунку показано структурно-параметричну схему печі такого типу. Вона складається з двох ємностей: для перегрівання водяної пари (I) та нагрівання повітря для пальників (II).



Структурно-параметрична схема печі для перегрівання водяної пари:

$G_{пх}, c_{пов}, \Theta_{1.п}$ – витрата, теплоємність і температура повітря відповідно; $G_{п}, c_{п}, \Theta_{п}$ – витрата, теплоємність і температура пари відповідно; r – питома теплоємність пароутворення; $G_{г}, \Theta_{г}, c_{г}$ – витрата, температура та теплоємність коксового газу відповідно; $Q_{г}$ – питома теплота згорання коксового газу; $G_{пн}, \Theta_{2п}$ – витрата та температура нагрітого повітря відповідно; $G_{пн}, c_{пн}, \Theta_{пн}$ – витрата, теплоємність і температура перегрітої пари відповідно; $G_{тг}, c_{тг}, \Theta_{тг1}, \Theta_{тг2}$ – витрата, теплоємність, первинна та вторинна температури топкових газів відповідно

Для моделювання розглянемо детально процеси, що пов'язані з роботою печі. В ємності I відбуваються процеси горіння та нагрівання пари, яка надходить з температурою близькою до 380 °С. Теплота, виділена при спалюванні

коксого газу, передається через стінки труб парі, що, виходячи з печі, йде на змішування з паром етилбензолу.

Топковий газ з температурою приблизно 1050 °С, який утворюється в результаті горіння, надходить в ємність II для підігрівання атмосферного повітря.

У пальники надходить коксовий газ та підігріте повітря з ємності II зі співвідношенням $G_{\text{пн}} \approx 10G_{\text{г}}$. Топкові гази на виході з печі мають температуру близько 950 °С, потім вони надходять у випарник етилбензолу.

Виконаємо аналіз зв'язків між технологічними змінними, що характеризують розглянуті процеси. Для цього використаємо метод балансів енергії та маси.

Матеріальний баланс для атмосферного повітря: $G_{\text{пх}} = G_{\text{пн}}$.

Матеріальний баланс для газу: $G_{\text{г}} + G_{\text{пн}} = G_{\text{тг}}$.

Матеріальний баланс для пари: $G_{\text{п}} = G_{\text{пнп}}$.

Складемо тепловий баланс для печі, виходячи зі структурно-параметричної схеми об'єкта.

Тепловий баланс для ємності I запишемо у вигляді

$$G_{\text{п}}i_{\text{п}} + G_{\text{г}}Q_{\text{г}} + G_{\text{г}}c_{\text{г}}\Theta_{\text{г}} + G_{\text{пн}}c_{\text{пов}}\Theta_{2\text{п}} = G_{\text{тг}}c_{\text{тг}}\Theta_{\text{тг}1} + G_{\text{пнп}}i_{\text{пнп}},$$

де $i_{\text{п}}$ та $i_{\text{пнп}}$ – ентальпія пари та перегрітої пари відповідно:

$$i_{\text{п}} = r + c_{\text{п}}\Theta_{\text{п}},$$

$$i_{\text{пнп}} = r + c_{\text{пнп}}\Theta_{\text{пнп}}.$$

Враховуючи несуттєвість кількості тепла, яку вносять доданки $G_{\text{пн}}c_{\text{пов}}\Theta_{2\text{п}}$ та $G_{\text{г}}c_{\text{г}}\Theta_{\text{г}}$ порівняно з $G_{\text{г}}Q_{\text{г}}$, знехтуємо ними та наведемо тепловий баланс для ємності I у наступному вигляді:

$$G_{\text{п}}i_{\text{п}} + G_{\text{г}}Q_{\text{г}} = G_{\text{тг}}c_{\text{тг}}\Theta_{\text{тг}1} + G_{\text{пнп}}i_{\text{пнп}}.$$

Тепловий баланс для ємності II:

$$G_{\text{пх}}c_{\text{пов}}\Theta_{1\text{п}} + G_{\text{тг}}c_{\text{тг}}\Theta_{\text{тг}1} = G_{\text{пн}}c_{\text{пов}}\Theta_{2\text{п}} + G_{\text{тг}}c_{\text{тг}}\Theta_{\text{тг}2}.$$

Дослідження показує, що піч є багатопараметричним об'єктом моделювання з рециклом, а каналами керування доцільно вибрати такі: «витрата палива → температура перегрітої пари на виході печі», «витрата нагрітого повітря → співвідношення між витратами палива та повітря». Необхідні для моделювання змінні можуть бути виміряні достатньо точно. Основними збуреннями виступають $G_{\text{п}}$, $\Theta_{\text{п}}$, $G_{\text{пх}}$, $\Theta_{1\text{п}}$, які змінюються достатньо часто, але їх вимірюють неперервно, а також $Q_{\text{г}}$, яку практично не вимірюють, вважаючи сталою величиною для палива одного джерела надходження. Проведене дослідження дозволить отримати математичні моделі для розрахунку контурів керування піччю.

1. Шестозуб А. Б., Волошин М. Д. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія газів»: навч. посіб. для студ. спеціальності «Хімічна технологія». Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. 81 с.

2. Степанюк А. Р. Пічне обладнання у хімічних та нафтопереробних процесах: навч. посіб. для студ. спеціальності «Галузеве машинобудування». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 172 с.