

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКА У ПРОЦЕСІ ПАРОФАЗНОЇ ІЗОМЕРИЗАЦІЇ Н-БУТАНУ

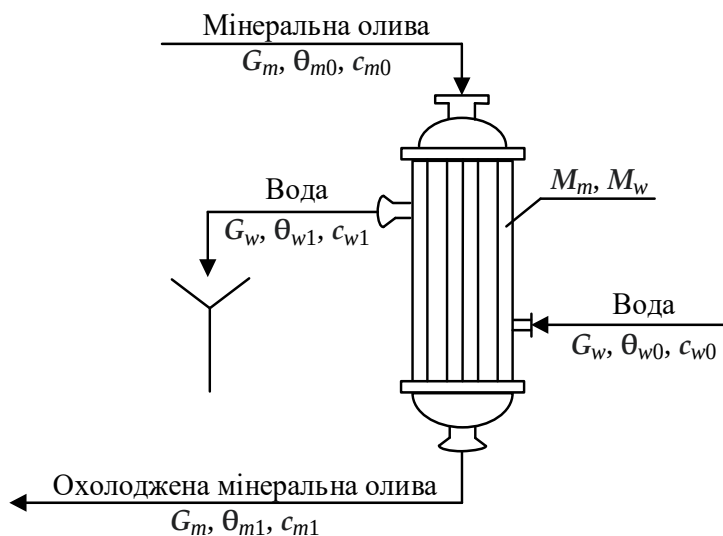
Лопата Д. Д., Тюріна Є. О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, danilal9200@gmail.com

Ізобутан широко використовують у різних галузях промисловості, зокрема як компонент палива для автомобільних двигунів, сировину для виробництва етилену, пропану. Перетворення н-бутану в ізобутан є складним процесом, умови перебігу якого суттєво залежать від температури. Надмірне підвищення температури знижує ефективність процесу ізомеризації [1], тому актуальним постає питання забезпечення необхідних температурних режимів для його нормального перебігу.

Метою дослідження є створення математичної моделі процесу охолодження мінеральної оливи з її подальшим використанням для налаштування регуляторів системи керування.

На рисунку наведено розрахункову схему холодильника. Зверху в апарат подають мінеральну оливу, знизу в трубний простір – воду. Охолоджену оливу спрямовують у реактор для підтримання температурного режиму ізомеризації н-бутану [2].



Розрахункова схема холодильника:

G_m, G_w – витрати мінеральної оливи та води відповідно; $\theta_{m0}, \theta_{m1}, \theta_{w0}, \theta_{w1}$ – температури мінеральної оливи, охолодженої мінеральної оливи, води на вході і виході з холодильника відповідно; $c_{m0}, c_{m1}, c_{w0}, c_{w1}$ – питомі теплоємності мінеральної оливи, охолодженої мінеральної оливи, води на вході і виході з холодильника відповідно; M_m, M_w – маси мінеральної оливи та води, що перебувають всередині апарата, відповідно.

Регульованим параметром є температура охолодженої оливи θ_{m1} , керувальний вплив здійснюють витратою води G_w . Основними збуреннями є температура θ_{m0} і витрата G_m мінеральної оливи на вході в холодильник. Контрольована змінна – температура води на виході з апарата θ_{w1} .

Для складання математичної моделі було прийнято такі припущення [2]:

1. Водяний холодильник є об'єктом з зосередженими параметрами;
2. Внутрішній простір водяного холодильника є об'єктом ідеального змішування, тому температури мінеральної оливи всередині й на виході з апарата однакові: $\theta_m = \theta_{m1}$;
3. Простір всередині труб – об'єкт ідеального змішування, тобто температури води всередині й на виході з холодильника однакові: $\theta_w = \theta_{w1}$;
4. Акумулявальна здатність металевих труб несуттєва у порівнянні з загальним енергетичним потоком, тому її можна не враховувати;
5. Втрати в навколишнє середовище є несуттєвими у порівнянні з загальним енергетичним потоком, тому ними можна знехтувати.

Наведемо матеріальні та теплові баланси для акумулявальних ємностей холодильника з урахуванням вказаних припущень.

Матеріальний баланс для потоку води:

$$G_{w0} = G_{w1} = G_w,$$

де G_{w0} , G_{w1} – витрати води на вході і виході з холодильника відповідно.

Тепловий баланс для потоку води:

$$G_w c_{w0} \theta_{w0} - G_w c_{w1} \theta_{w1} + K_h F (\theta_{m1} - \theta_{w1}) = M_w c_{w1} \frac{d\theta_{w1}}{dt},$$

де K_h – коефіцієнт теплопередачі, F – площа поверхні теплообміну.

Матеріальний баланс для потоку мінеральної оливи:

$$G_{m0} = G_{m1} = G_m,$$

де G_{m0} , G_{m1} – витрати мінеральної оливи на вході і виході з холодильника відповідно.

Тепловий баланс для потоку мінеральної оливи:

$$G_m c_{m0} \theta_{m0} - G_m c_{m1} \theta_{m1} - K_h F (\theta_{m1} - \theta_{w1}) = M_m c_{m1} \frac{d\theta_{m1}}{dt}.$$

Після лінеаризації диференціальних рівнянь і перетворення за Лапласом, отримаємо передавальну функцію каналу керування $G_w \rightarrow \theta_{m1}$:

$$W_{G_w \rightarrow \theta_{m1}}(s) = - \frac{3,472}{118,602s^2 + 28,684s + 1}.$$

Отримана математична модель буде використана в системі керування для налаштування параметрів регуляторів у нормальному режимі функціонування холодильника.

1. Potter M. E., Le Brocq J. J. M., Oakley A. E., McShane E. B., Vandegehuchte B. D., Raja R. Butane Isomerization as a Diagnostic Tool in the Rational Design of Solid Acid Catalysts. *Catalysts*. 2020. No. 10(9):1099. <https://doi.org/10.3390/catal10091099>.

2. Sullivan D., Metro S., Pujadó P. R. Isomerization in Petroleum Processing. In: Treese S., Jones D., Pujado P. (eds) *Handbook of Petroleum Processing*. Springer, Cham, 2014. pp. 479 – 497. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05545-9_7-1.