

## АНАЛІЗ ВИПАРНИКІВ АБСОРБЦІЙНО-ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Кравченко Я. О., Бабіченко А. К., Подустов М. О.  
Національний технічний університет «ХП», axts\_ekm@ukr.net

Блок вторинної конденсації агрегатів синтезу аміаку серії АМ-1360 є остаточною ланкою у загальній схемі отримання продукційного аміаку. У цьому блоці охолодження циркуляційного газу (ЦГ) відбувається у випарниках абсорбційно-холодильних установок (АХУ), а регенерація холоду та сепарація сконденсованого аміаку – у конденсаційній колоні. Робота випарників, як і всього блоку, відбувається в умовах постійних сезонних та добових змін зовнішнього теплового навантаження (від мінус 6 °С до 30 °С), що зумовлює коливання температури охолодження ЦГ у доволі широких межах (від мінус 8 °С до 5 °С). Підвищення цієї температури, згідно з проведеними дослідженнями, навіть на 1 °С знижує енергоефективність агрегату синтезу. Це відбувається за рахунок збільшення витрати природного газу (на 307,3 тис. нм<sup>3</sup> на рік) у додатковий паровий котел для отримання водяної пари високого тиску (10,5 МПа), яка застосовується для приводу відцентрового компресора стискання азотно-водневої суміші (АВС) і ЦГ [1]. Тому мінімізація температурного режиму охолодження ЦГ у випарниках АХУ набуває особливої актуальності у підвищенні енергоефективності виробництва аміаку. Розв'язання такої задачі може бути здійснено [2] за рахунок створення високоякісної автоматизованої системи оптимального програмного керування.

Випарники становлять собою кожухотрубні теплообмінники зануреного типу з *U*-подібними трубками. ЦГ охолоджується у трубному просторі за рахунок киплячого аміаку у міжтрубному просторі.

Особливість експлуатації випарників як об'єктів керування полягає в умовах роботи, а саме у постійних змінах зовнішнього теплового навантаження на вході. Це відбувається внаслідок застосування на попередній стадії первинної конденсації повітряного охолодження потоку ЦГ. Наслідком цього є зміна координат вектора збурень  $\mathbf{Z}(t)$ . Тобто коливання температури ЦГ  $\Theta_{1Ц}(t)$ , концентрації аміаку  $a_{\text{NH}_3}^{\text{BX}}(t)$  у ЦГ, тиску кипіння  $P_{\text{МТР}}(t)$ , а також температури  $\Theta_{\text{X}}^{\text{BX}}(t)$  і концентрації  $\xi_{\text{X}}^{\text{BX}}(t)$  холодоагенту на вході.

Своєрідність процесу випаровування рідкого аміаку (холодоагенту) пов'язана з тим, що він надходить до випарника з домішками води. Для вилучення води необхідно передбачити процес дренажування флегми з випарника. При цьому недостатнє дренажування флегми викликає накопичення води у випарнику. Останнє спричинює зниження концентрації холодоагенту  $\xi_{\text{X}}^{\text{ВІХ}}$ , підвищення тиску кипіння  $P_{\text{МТР}}$  і температурного режиму охолодження  $\Theta_{2Ц}$ , а отже, і зниження холодопродуктивності. Надмірне ж дренажування призводить до втрати холодоагенту. Це може призвести до зміни вектору стану випарника  $\mathbf{X}(t)$ , а саме до

зниження рівня рідкого холодоагенту  $H$ , збільшення температури охолодження ЦГ  $\Theta_{2Ц}$  та зниження холодопродуктивності. Отже, витрата холодоагенту  $M_X^{BX}(t)$  разом з витратою флегми  $M_\Phi(t)$  є одними з основних векторів керування, що визначають оптимальний вектор стану об'єкта. Однак в періодичних виданнях практично відсутня інформація щодо визначення кількісної залежності впливу витрати флегми на ефективність процесу теплообміну, а отже і на температурний режим охолодження ЦГ, особливо в умовах дії великої кількості зовнішніх збурень.

У підсумку за результатами наведеного вище аналізу випарника вектори стану  $\mathbf{X}(t)$ , збурень  $\mathbf{Z}(t)$  та керувань  $\mathbf{Y}(t)$  можуть бути представлені у вигляді:

$$\mathbf{X}(t) = \begin{bmatrix} H(t) \\ \Theta_{2Ц}(t) \end{bmatrix}; \mathbf{Z}(t) = \begin{bmatrix} \Theta_{1Ц}(t) \\ a_{NH_3}^{BX}(t) \\ \Theta_X^{BX}(t) \\ \xi_X^{BX}(t) \\ P_{MTP}(t) \end{bmatrix}; \mathbf{Y}(t) = \begin{bmatrix} M_\Phi(t) \\ M_X^{BX}(t) \end{bmatrix}.$$

Таким чином, визначення кількісної залежності впливу вектора керування  $M_\Phi(t)$  на оптимальний вектор стану  $\mathbf{X}^{OPT}(t)$  випарника для АХУ з великою холодопродуктивністю при безперервному способі дренування за існуючих в промислових умовах векторів зовнішніх збурень  $\mathbf{Z}(t)$  та створення алгоритму для підсистеми оптимізації становить актуальну задачу для діючих в Україні виробництв аміаку. Розв'язання такої задачі доцільно здійснити шляхом використання математичної моделі випарника АХУ, яка була отримана за результатами попередніх досліджень [3].

1. Babichenko A. System analysis of the secondary condensation unit in the context of improving energy efficiency of ammonia production [Text] / A. Babichenko, V. Velma, J. Babichenko, Y. Kravchenko, I. Krasnikov // Eastern–European Journal of Enterprise technologies. – 2017. – Vol. 2/6 (86). – P.18–26. – DOI 10.15187/1729-4061.2017.96464

2. Луцька Н. М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами [Текст] / Н. М. Луцька, А. П. Ладанюк: – К.: Вид-во Ліра–К, 2016. – 288 с.

3. Babichenko A. Identification of heat exchange process in the evaporators of absorption refrigerating units under conditions of uncertainty [Text] / A. Babichenko, J. Babichenko, S. Velma and etc. // Eastern–European Journal of Enterprise technologies. – 2018. – Vol. 1/2 (91). – P.21-29. – DOI 10.15587/1729-4061.2018.121711.