

Бабіченко А.К., к. техн. наук, доцент, Бабіченко Ю.А., к. техн. наук, доцент,  
Кравченко Я.О., PhD, Красніков І.Л., к. техн. наук, доцент

## АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АБСОРБЦІЙНО-ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ВИРОБНИЦТВ АМІАКУ

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м.Харків*

**Ключові слова:** виробництво аміаку, абсорбційно-холодильна установка, алгоритм прийняття рішень, енергоефективність.

### Вступ

Виробництво більшої частини аміаку в Україні здійснюється у великотоннажних агрегатах серії АМ-1360, що побудовані за традиційно прийнятою майже в усіх країнах технологією [1, 2]. Характерна особливість агрегатів серії АМ-1360 полягає у застосуванні водоаміачних абсорбційно-холодильних установок (АХУ) загальною проектною холодопродуктивністю 5,4 Гкал/год (6,28 МВт), які забезпечують роботу двох низькотемпературних випарників (ВНТ) на дільниці вторинної конденсації відділення синтезу для охолодження циркуляційного газу (ЦГ) до регламентної норми  $\Theta_{\text{Ц}}^{\text{ВНХ}} = -5^{\circ}\text{C}$  [3]. Проте застосування апаратів повітряного охолодження (АПО) в АХУ у якості конденсаторів та на попередній стадії первинної конденсації у зв'язку із дією зовнішніх збурень, таких як температура та вологість атмосферного повітря, обумовлюють надмірну залежність ефективності роботи цих холодильних установок від таких дій. У зв'язку з чим холодопродуктивність АХУ, а отже і температура охолодження ЦГ мають значні відхилення від регламентних норм, що обумовлює зниження ефективності експлуатації агрегату синтезу загалом. Згідно досліджень [4] збільшення температури охолодження ЦГ на дільниці вторинної конденсації навіть на  $1^{\circ}\text{C}$  сприяє підвищенню витрати природного газу на 307 тис.нм<sup>3</sup>/год. Враховуючи наведене вище, оператор повинен мати інформацію не тільки щодо якісної оцінки змін показників ефективності АХУ в умовах дії зовнішніх збурень, яка достатньо висвітлена в літературі [5], але і чисельної для прийняття рішень у промислових умовах з метою визначення можливості зниження температури охолодження ЦГ. Проте в реальних умовах експлуатації існуюча автоматизована система керування, що реалізована на базі інформаційно-керуючого комплексу TDC-3000 [6] з широкими функціональними можливостями по програмуванню, не має алгоритмічно-програмного забезпечення для такого прийняття рішень. Тому задача його розробки набуває особливої актуальності у загальному процесі підвищення економічності виробництва аміаку.

### Аналіз літератури та існуючої інформаційної системи комплексу TDC-3000

Існуючі методики матеріально-теплого розрахунку АХУ достатньо висвітлені в літературних джерелах [7–9]. Реалізована в промислових умовах інформаційна система не дозволяє в повній мірі використати запропоновані в цих виданнях алгоритми, які спрямовані, як правило, на проектування циклів АХУ із заздалегідь відомими вихідними даними. Неможливість визначення показників ефективності експлуатації АХУ промислового агрегату обумовлена відсутністю оперативної інформації по таких парамет-

рах як концентрація аміаку у слабкому та міцному розчинах, а також концентрацій складових ЦГ на вході комплексу вторинної конденсації. При цьому визначення цих концентрацій відбувається за допомогою лабораторних аналізів з відбором проб лише раз на добу. За таких обставин існуюча інформаційна система має бути доповнена приладами для автоматичного контролю та проведення перевірки на відсутність перехідних режимів на основі збіжності теплових балансів по підводу та відводу теплоти в апаратах АХУ. Все це вимагає удосконалення існуючої інформаційної системи та розробки алгоритмічного забезпечення з урахуванням встановлених особливостей.

Узагальнена схема АХУ з основними існуючими точками контролю параметрів згідно регламенту наведена на рис.1.

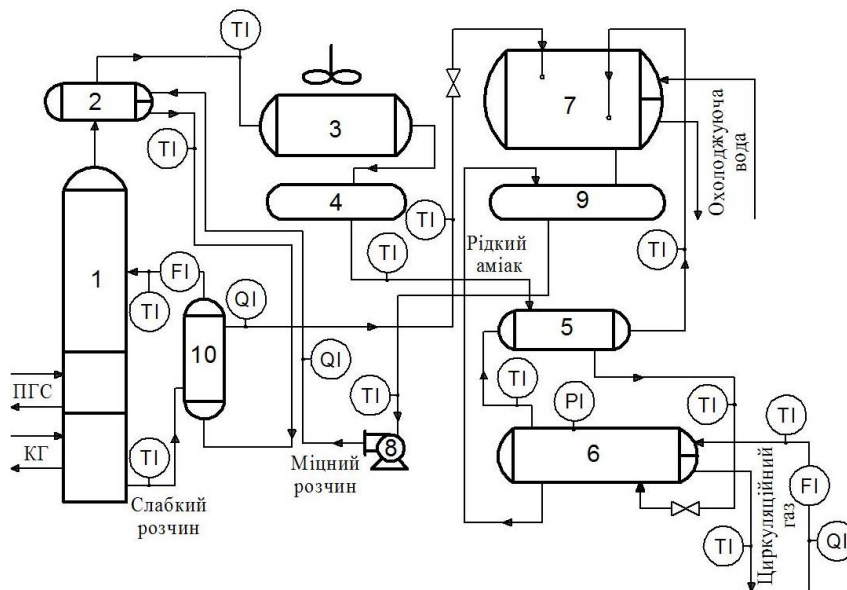


Рисунок 1 – Схема абсорбційно-холодильної установки з основними точками контролю технологічних параметрів: 1 – генератор-ректифікатор; 2 – дефлегматор; 3 – конденсатор повітряного охолодження; 4 – ресивер конденсатора; 5 – переохолодник; 6 – випарник; 7 – абсорбер; 8 – насос міцного розчину; 9 – ресивер абсорбера; 10 – теплообмінник розчинів; ПГС – парогазова суміш; КГ – конвертований газ

### **Мета роботи**

Створення алгоритмічно-програмного забезпечення для чисельної оцінки показників ефективності роботи АХУ та прийняття рішень щодо можливості зниження температури охолодження ЦГ у ВНТ, а отже і підвищення економічності виробництва аміаку загалом.

### **Алгоритмічне забезпечення щодо чисельної оцінки показників ефективності АХУ**

Проведений пошук існуючих засобів автоматичного контролю концентрацій аміаку у розчинах і ЦГ дозволив встановити, що для контролю вмісту аміаку у слабкому розчині можуть бути використані вітчизняні прилади зі стандартним уніфікованим вихідним сигналом, а саме сигналізатор рідини типу «Аналіз-3» мод. 0601 з діапазоном вимірювань 15–30 % мас та для ЦГ – термокондуктометричний газоаналізатор «Диск-301» з діапазоном вимірювань по аміаку 0–15 % об., а по водню 50–80 % об. При цьому

концентрація азоту визначалась згідно виконаних лабораторних аналізів у співвідношенні  $N_2:N_2=3$ . Концентрація аргону і метану приймалась за залишковим принципом у рівних долях. Такий розподіл був перевірений і прийнятий за результатами розрахунків питомої теплоємності потоку ЦГ, похибка визначення якої у порівнянні з даними лабораторних аналізів не перевищувала 0,15 %.

В процесі розробки алгоритму були використані загальновідомі рівняння матеріального і теплового балансу, що застовуються для розрахунку циклів АХУ [5]. В алгоритмі можна виділити наступні основні етапи: визначення холодопродуктивності та витрати рідкого аміаку за складом ЦГ; розрахунок концентрації та витрати міцного розчину і збігання її розрахунку  $\delta$  (%); визначення кратності циркуляції розчинів за концентраціями, витратою міцного розчину і витратою рідкого аміаку та їх збігання  $\Delta$  (%); визначення збігання загального теплового балансу АХУ. При цьому алгоритм включає такі основні функціональні блоки:

Блок 1. Виклик задачі до рішення через визначений проміжок часу або по команді оператора.

Блок 2. Відкриття файлу ФАКТ, який обслуговує дану задачу.

Блок 3. Підпрограма читання необхідної інформації файлу DANІ, де зберігається інформація про вхідні і вихідні змінні АХУ, яка отримана від комплексу TDC-3000.

Блоки 4 і 5. Визначення теплофізичних властивостей складових ЦГ і холодопродуктивності АХУ за кількістю теплоти  $\Phi$  (МВт), що було віддане ЦГ у ВНТ за достатньо апробованою в промислових умовах методикою [10]:

$$\Phi = V_{\Gamma}^{\text{BX}} \rho_{\Gamma} C_{\text{CP}} (\Theta_{\text{Ц}}^{\text{BX}} - \Theta_{\text{Ц}}^{\text{ВИХ}}) + (V_{\text{Ж}}^{\text{BX}} + 0,5V_{\text{К}})(i_{\text{Ж}}^{\text{BX}} - i_{\text{Ж}}^{\text{ВИХ}}) \rho_{\text{NH}_3} + V_{\text{П}}^{\text{ВИХ}} \rho_{\text{NH}_3} (i_{\text{П}}^{\text{BX}} - i_{\text{П}}^{\text{ВИХ}}) + V_{\text{К}} \rho_{\text{NH}_3} r, \quad (1)$$

де  $V_{\Gamma}^{\text{BX}}$ ,  $V_{\Gamma}^{\text{BX}}$ ,  $V_{\text{П}}^{\text{ВИХ}}$  – об'ємна витрата відповідно ЦГ без урахування аміаку і аміаку рідкого на вході ВНТ, пари аміаку на виході ВНТ та сконденсованого аміаку у ВНТ,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;  $\rho_{\Gamma}$ ,  $\rho_{\text{NH}_3}$  – густина ЦГ без урахування аміаку та самого аміаку,  $\text{кг}/\text{нм}^3$ ;  $C_{\text{CP}}$  – середня теплоємність ЦГ,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ ;  $i_{\text{Ж}}^{\text{BX}}$ ,  $i_{\text{Ж}}^{\text{ВИХ}}$ ,  $i_{\text{П}}^{\text{BX}}$ ,  $i_{\text{П}}^{\text{ВИХ}}$  – ентальпії рідкого та пароподібного аміаку на вході та виході ВНТ,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;  $r$  – питома теплота фазового перетворення аміаку,  $\text{кДж}/\text{кг}$ .

Блок 6. Розрахунок питомої холодопродуктивності  $q_0$  ( $\text{кДж}/\text{кг}$ ) та витрати холодоагенту  $D$  ( $\text{т}/\text{год}$ ) за формулами:

$$q_0 = \Theta_8 - i_6; \quad (2)$$

$$\Theta_8 = i_{\text{К}} - (1 - \xi_5) / K; \quad (3)$$

$$D = \Phi / q_0, \quad (4)$$

де  $i_{\text{К}}$  – ентальпія пари аміаку на виході з ВНТ за тиску кипіння  $P_0$ , концентрації  $\xi_{\text{К}} = 1$  і температури кипіння  $\Theta_8$ ;  $K$  – тангенс кута нахилу ізотерми в області вологої пари визначається по таблицях [11].

Блок 7. Завдання початкового наближення концентрації міцного розчину  $\xi_r$  (кг/кг) та визначення кратності циркуляції розчинів  $f$ , витрати міцного розчину  $G_r$  (т/год), густини міцного розчину  $\rho_r$  (кг/м<sup>3</sup>) за загальновідомими рівняннями [5, 8]:

$$f = G_r / D; \quad (5)$$

$$f = (\xi_s - \xi_a) / (\xi_r - \xi_a); \quad (6)$$

$$G_r = V_r \rho_r; \quad (7)$$

$$\rho_r = 999 - 0,42\Theta_1 - (360 + 1,4\Theta_1)\xi_r, \quad (8)$$

де  $\xi_s$ ,  $\xi_a$ ,  $\xi_r$  – концентрація відповідно аміаку на виході дефлегматора, слабкого та міцного розчинів, кг/кг;  $V_r$  – об’ємна витрата міцного розчину, м<sup>3</sup>/год;  $\Theta_1$  – температура міцного розчину на виході теплообмінника розчинів, °С.

Блоки 8 і 9. Оцінка похибки умови збіжності  $\delta$  щодо обчислення  $G_r$  за формулою (7) та заданою при початковому наближенні величиною  $\xi_r$ . У разі її виконання здійснюється перехід до наступного циклу встановлення величини кратності циркуляції  $f$  за формулами (5) і (6). За умови їх збіжності  $\Delta$  здійснюється перехід до блоку розрахунку питомих ентальпій у вузлових точках АХУ за залежностями, отриманими в процесі апроксимації табличних даних [11, 12] за відповідних температур  $\Theta$  (К) та тисків  $P$  (МПа).

Блок 10. Перевірка на відсутність перехідного режиму роботи АХУ на основі збіжності теплових балансів по підводу та відводу теплоти. При цьому питомі теплоти дефлегмації  $q_R$ , генератора-ректифікатора  $q_h$ , абсорбції  $q_a$ , конденсації  $q_K$  і тепловий коефіцієнт  $\eta$  визначаються за рівняннями [8, 13]:

$$q_R = f(i_{41} - i_4); \quad (9)$$

$$q_h = i_5 - i_2 + f(i_2 - i_1) + q_R; \quad (10)$$

$$q_a = i_{81} - i_{31} + f(i_{31} - i_4); \quad (11)$$

$$i_{81} = i_8 + 0,5(t_{81} - t_8); \quad (12)$$

$$q_K = i_5 - i_6; \quad (13)$$

$$\eta = q_0 / q_h, \quad (14)$$

де  $i_4$ ,  $i_{41}$  – ентальпія міцного розчину на виході абсорбера та на виході дефлегматора, кДж/кг;  $i_1$ ,  $i_2$  – ентальпія міцного розчину на виході теплообмінника розчинів та слабкого розчину на виході генератора, кДж/кг;  $i_5$  – ентальпія пари аміаку на виході дефлегматора, кДж/кг;  $i_6$  – ентальпія рідкого аміаку на виході переохолодника, кДж/кг;  $i_{31}$  –

ентальпія слабкого розчину на виході теплообмінника розчинів, кДж/кг;  $i_8$ ,  $i_{81}$  – ентальпія киплячого аміаку у ВНТ та пари аміаку на виході переохолодника, кДж/кг.

Блок 11. Формування масиву поточних даних FORM по основних показниках ефективності роботи АХУ, таких як  $\Phi$ ,  $f$ ,  $D$ ,  $\Theta_{\text{С}}$  і  $\Theta_{\text{Ц}}^{\text{ВІХ}}$ .

Блок 12. Закриття файлу ФАКТ та вихід із задачі.

Розроблений алгоритм реалізований в пакеті MATLAB та апробований за даними промислової експлуатації АХУ агрегатів синтезу аміаку. На рис. 2 наведені залежності, що в найбільшій мірі характеризують ефективність роботи АХУ.

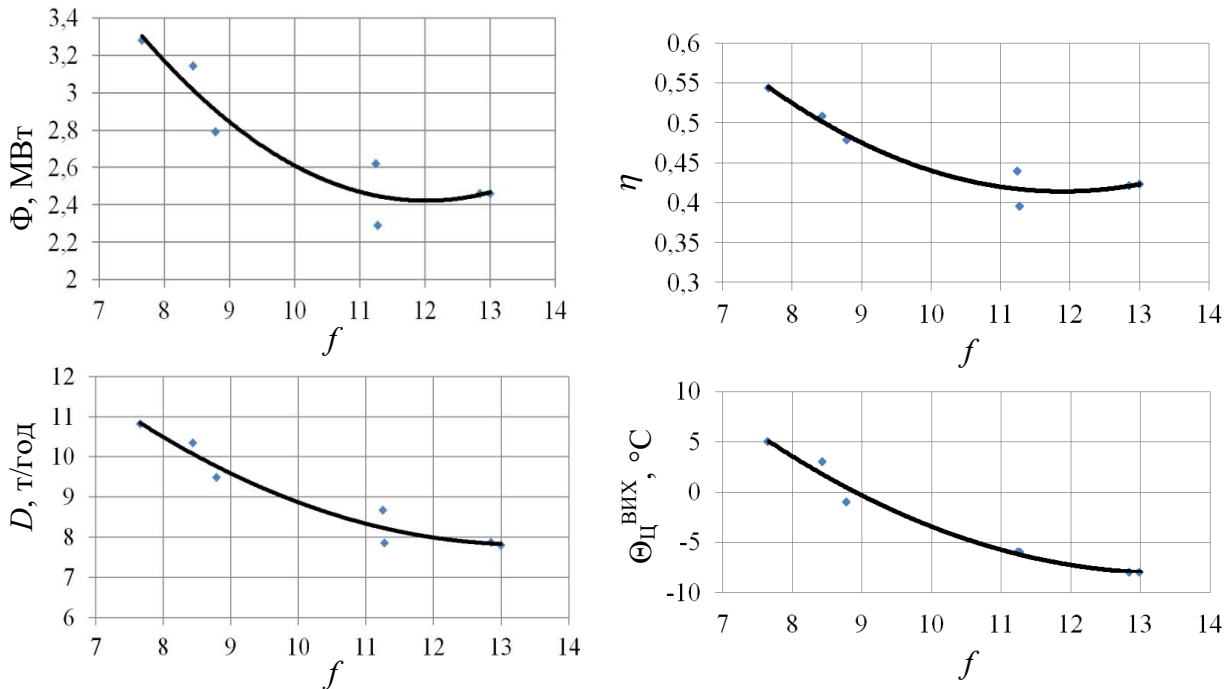


Рисунок 2 – Функціональні залежності щодо ефективності експлуатації АХУ за неузгодженості теплового балансу не більше ніж 2,4 %

Отримані залежності забезпечують можливість прийняття рішень щодо чисельної оцінки основного показника АХУ, а саме кратності циркуляції, регулювання якої за рахунок зміни уставки регулятора витрати міцного розчину дозволяє визначити який буде при цьому і температурний режим охолодження ЦГ у ВНТ. Встановлені залежності забезпечили прийняття рішення про доцільність зменшення холодопродуктивності за рахунок підвищення кратності циркуляції в умовах зменшення теплового навантаження ВНТ в зимовий період, що дозволило знизити  $\Theta_{\text{Ц}}^{\text{ВІХ}}$  до  $-8$  °C.

### Висновки

За результатами досліджень розроблено алгоритмічно-програмне забезпечення, адаптоване до існуючої інформаційної системи комплексу TDC-3000 агрегату синтезу аміаку, що дозволяє оператору в реальних умовах виробництва отримувати оперативну інформацію по чисельним показникам ефективності експлуатації АХУ. Визначені рекомендації по додатковому оснащенню засобами вимірювання концентрації потоків, наявність яких дозволить відмовитись від проведення щодобових лабораторних аналізів, а здійснювати лише контрольні для перевірки засобів вимірювання.

Література

1. Dybkjoker I. 100 Years of Ammonia Synthesis Technology. 58th Annual Safety in Ammonia Plants and Related Facilities Symposium. Frankfurt, Germany, August, 2013. URL:[https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/conferences/8096\\_Ammonia2013\\_Committee\\_Flyer\\_v8\\_0.pdf](https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/conferences/8096_Ammonia2013_Committee_Flyer_v8_0.pdf). (Last access: 05.11.2021).
2. Malhotra A. KBR PURIFIER™ Technology and Project Execution Options for Ammonia Plants // 25th AFA International Fertilizer Technology Conference & Exhibition Sustainability Driving the Future. KBR, USA, 2012. URL: [http://s3.amazonaws.com/zanran\\_storage/afa.com.eg/ContentPages/2565221218.pdf](http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/afa.com.eg/ContentPages/2565221218.pdf) (Last access: 25.10.2021).
3. Галимова Л.В., Кайль В.Я., Веденева А.И. Оценка степени термодинамического совершенства на основе анализа работы действующей абсорбционной холодильной установки системы синтеза аммиака. Вестник международной академии холода. 2015. № 4. С. 55–60.
4. Бабіченко А.К., Тошинський В.І. Застосування математичного моделювання для діагностики показників ефективності процесів тепло-і масообміну в абсорберах тепловикористовуючих холодильних установок агрегатів синтезу аміаку. Вопросы химии и химической технологии. 2009. № 6. С. 107–111.
5. Холодильные машины : учеб. для вузов / Н.Н. Кошкин, И.А. Сакун, Е.М. Бамбушек и др. ; под общ. ред. И. А. Сакуна. Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. 510 с.
6. TDC 3000X Advanced Process Manager Specification and Technical Data. URL: <https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/product-manuals/AP03-400.pdf> (Last access: 07.11.2021).
7. Холодильные машины: учеб. для студентов вузов по спец. «Техника и физика низких температур» / А.В. Бараненко и др. ; под общ. ред. Л.С. Тимофеевского. Санкт-Петербург : Политехника, 1997. 922 с.
8. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин : учеб. для вузов / Е.М. Бамбушек, Н.Н. Бухарин, Е.Д. Герасимов и др. ; под общ. ред. И.А. Сакуна. Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. 423 с.
9. Заторский А.А. Алгоритм расчета параметров узловых точек цикла АХУ на ЭВМ. Химическое и нефтяное машиностроение. 1978. №8. С. 18–19.
10. Ефимов В.Т. Повышение эффективности работы абсорбционных холодильных установок в агрегате синтеза аммиака большой мощности. Холодильная техника. 1979. №2. С. 23–26.
11. Розенфельд Л.М., Ткачев А.Г., Гуревич Е.С. Примеры и расчеты холодильных машин и аппаратов : учеб. пособие. Москва : Госторгиздат, 1960. 235 с.
12. Холодильные машины : справ. / под ред. А. В. Быкова. Москва : Легкая и пищ. пром-ть, 1982. 224 с.
13. Бадылькес И.С., Данилов Р.Л. Абсорбционные холодильные машины. Москва : Пищевая промышленность, 1966. 356 с.

Bibliography (transliterated)

1. Dybkjoker I. 100 Years of Ammonia Synthesis Technology. 58th Annual Safety in Ammonia Plants and Related Facilities Symposium. Frankfurt, Germany, August, 2013. URL:[https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/conferences/8096\\_Ammonia2013\\_Committee\\_Flyer\\_v8\\_0.pdf](https://www.aiche.org/sites/default/files/docs/conferences/8096_Ammonia2013_Committee_Flyer_v8_0.pdf). (Last access: 05.11.2021).

2. Malhotra A. KBR PURIFIER™ Technology and Project Execution Options for Ammonia Plants // 25th AFA International Fertilizer Technology Conference & Exhibition Sustainability Driving the Future. KBR, USA, 2012. URL: [http://s3.amazonaws.com/zanran\\_storage/afa.com.eg/ContentPages/2565221218.pdf](http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/afa.com.eg/ContentPages/2565221218.pdf) (Last access: 25.10.2021).

3. Galimova L.B., Kayl V.Ya., Vedeneyeva A.I. Otsenka stepeni termodinamicheskogo sovershenstva na osnove analiza raboty deystvuyushchey absorbtionnoy kholodilnoy ustanovki sistemy sinteza ammiaka. Vestnik mezhdunarodnoy akademii kholoda. 2015. № 4. P. 55–60.

4. Babichenko A.K., Toshynskiy V.I. Zastosuvannia matematychnoho modeliuvannia dlia diahnostryky pokaznykiv efektyvnosti protsesiv teplo-i masoobminu v absorberakh teplovykorystovuiuchykh kholodylnykh ustanovok ahrehativ syntezu amiaku. Voprosy khymyy u khymycheskoi tekhnolohyy. 2009. № 6. P. 107–111.

5. Kholodilnyye mashiny : ucheb. dlya vuzov / N. N. Koshkin. I. A. Sakun. E. M. Bambushek i dr. ; pod obshch. red. I. A. Sakuna. Leningrad : Mashinostroyeniye. Leningr. otd-niye. 1985. 510 p.

6. TDC 3000X Advanced Process Manager Specification and Technical Data. URL: <https://www.honeywellprocess.com/library/marketing/product-manuals/AP03-400.pdf> (Last access: 07.11.2021).

7. Kholodilnyye mashiny: ucheb. dlya studentov vuzov po spets. «Tekhnika i fizika nizkikh temperatur» / A.V. Baranenko i dr. ; pod obshch. red. L.S. Timofeyevskogo. Sankt-Peterburg : Politekhnik. 1997. 922 p.

8. Teplovyye i konstruktivnyye raschety kholodilnykh mashin : ucheb. dlya vuzov / E.M. Bambushek, N.N. Bukharin, E.D. Gerasimov i dr. ; pod obshch. red. I.A. Sakuna. Leningrad : Mashinostroyeniye. Leningr. otd-niye. 1987. 423 p.

9. Zatorskiy A.A. Algoritm rascheta parametrov uzlovykh tochek tsikla AKhU na EVM. Khimicheskoye i neftyanoye mashinostroyeniye. 1978. №8. P. 18–19.

10. Efimov V.T. Povysheniye effektivnosti raboty absorbtionnykh kholodilnykh ustanovok v agregate sinteza ammiaka bolshoy moshchnosti. Kholodilnaya tekhnika. 1979. №2. P. 23–26.

11. Rozenfeld L.M., Tkachev A.G., Gurevich E.S. Primery i rasschety kholodilnykh mashin i apparatov : ucheb. posobiye. Moskva : Gostorgizdat. 1960. 235 p.

12. Kholodilnyye mashiny : sprav. / pod red. A. V. Bykova. Moskva : Legkaya i pishch. prom-t. 1982. 224 p.

13. Badylkes I.S., Danilov R.L. Absorbtionnyye kholodilnyye mashiny. Moskva : Pishchevaya promyshlennost. 1966. 356 p.

УДК 66.012-52:661.531

Бабіченко А.К., к. техн. наук, доцент, Бабіченко Ю.А., к. техн. наук, доцент,  
Кравченко Я.О., PhD, Красніков І.Л., к. техн. наук, доцент

### **АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АБСОРБЦІЙНО-ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ**

Встановлені особливості апаратурно-технологічного оформлення діючих в Україні агрегатів синтезу аміаку серії АМ-1360, основна з яких полягає у застосуванні у

комплексі вторинної конденсації тепловикористуючих водоаміачних абсорбційно-холодильних установок. Проведений аналіз функціонування абсорбційно-холодильних установок. Встановлена суттєва залежність їх ефективності роботи від дії зовнішніх збурень, таких як температура та вологість атмосферного повітря. Це обумовлює значні коливання температури охолодження циркуляційного газу у випарниках абсорбційно-холодильних установок, що в значній мірі впливає на економічність роботи виробництва аміаку в цілому. За результатами аналізу існуючої інформаційної системи, що реалізована на базі мікропроцесорного комплексу TDC-3000, розроблені рекомендації щодо її удосконалення, наявність яких дозволяє відмовитись від проведення щодобових аналізів та здійснювати лише контрольні для перевірки засобів вимірювання.

Розроблено алгоритмічне забезпечення, що реалізовано в пакеті MATLAB та апробовано за даними промислової експлуатації абсорбційно-холодильних установок агрегату синтезу аміаку. Це дозволяє оператору в реальних умовах виробництва отримувати оперативну інформацію по чисельним показникам ефективності експлуатації абсорбційно-холодильних установок, що в найбільшій мірі характеризують їх роботу (кратність циркуляції, холодопродуктивність, температура охолодження циркуляційного газу та тепловий коефіцієнт), та приймати рішення щодо можливості зниження температури охолодження циркуляційного газу у випарниках шляхом зміни кратності циркуляції розчинів. Створене алгоритмічно-програмне забезпечення в середовищі MATLAB дозволяє вбудовувати модуль клієнтської частини, так званий OPC-клієнт. Останній забезпечує технологію вільного програмування доступу до поточних даних.

**Ключові слова:** виробництво аміаку, абсорбційно-холодильна установка, алгоритм прийняття рішень, енергоефективність.

Бабиченко А.К., к. техн. наук, доцент, Бабиченко Ю.А., к. техн. наук, доцент,  
Кравченко Я.О., PhD, Красников И.Л., к. техн. наук, доцент

### АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АБСОРБЦИОННО- ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРОИЗВОДСТВ АММИАКА

Установлены особенности аппаратурно-технологического оформления действующих в Украине агрегатов синтеза аммиака серии АМ-1360, основная из которых заключается в применении в комплексе вторичной конденсации теплоиспользующих водоаммиачных абсорбционно-холодильных установок. Проведен анализ функционирования абсорбционно-холодильных установок. Установлена существенная зависимость их эффективности работы от внешних возмущений, таких как температура и влажность атмосферного воздуха. Это обуславливает значительные колебания температуры охлаждения циркуляционного газа в испарителях абсорбционно-холодильных установок, что в значительной степени влияет на экономичность производства аммиака в целом. По результатам анализа существующей информационной системы, реализованной на базе микропроцессорного комплекса TDC-3000, разработаны рекомендации по ее усовершенствованию, наличие которых позволяет отказаться от проведения ежедневных анализов и осуществлять только контрольные для проверки средств измерения.

Разработано алгоритмическое обеспечение, реализуемое в пакете MATLAB и апробированное по данным промышленной эксплуатации абсорбционно-холодильных установок агрегата синтеза аммиака. Это позволяет оператору в реальных условиях производства получать оперативную информацию по численным показателям эффек-



тивности эксплуатации абсорбционно-холодильных установок, в наибольшей степени характеризующих их работу (кратность циркуляции, хладопроизводительность, температура охлаждения циркуляционного газа и тепловой коэффициент) и принимать решение о возможности снижения температуры охлаждения циркуляционного газа в испарителях путем изменения кратности циркуляции растворов. Созданное алгоритмично-программное обеспечение в среде MATLAB позволяет встраивать модуль клиентской части, так называемый OPC-клиент. Последний обеспечивает технологию свободного программирования доступа к текущим данным.

**Ключевые слова:** производство аммиака, абсорбционно-холодильная установка, алгоритм принятия решений, энергоэффективность.

Babichenko A.K., Babichenko Yu.A., Kravchenko Ya.O., Krasnikov I.L.

### **ALGORITHMIC SUPPORT FOR DECISION-MAKING ON THE EFFICIENCY OF OPERATION OF ABSORPTION AND REFRIGERATION PLANTS OF AMMONIA PRODUCTION**

The features of the hardware and technological design of the AM-1360 series ammonia synthesis units operating in Ukraine are established, the main of which is the use of heat-using ammonia-water absorption and refrigeration units in the secondary condensation complex. The analysis of the functioning of the absorption and refrigeration units has been carried out. A significant dependence of their efficiency on external disturbances, such as temperature and humidity of atmospheric air, has been established. This causes significant fluctuations in the cooling temperature of the circulating gas in the evaporators of absorption-refrigeration units, which significantly affects the efficiency of ammonia production in general. Based on the results of the analysis of the existing information system, implemented on the basis of the TDC-3000 microprocessor complex, recommendations for its improvement were developed, the presence of which makes it possible to abandon daily analyzes and carry out only control ones to check measuring instruments.

Algorithmic support has been developed, implemented in the MATLAB package and tested according to the data of industrial operation of absorption and refrigeration units of the ammonia synthesis unit. This allows the operator, in real production conditions, to obtain operational information on the numerical indicators of the efficiency of operation of absorption and refrigeration units, which characterize their operation to the greatest extent (circulation rate, cooling capacity, circulating gas cooling temperature and thermal coefficient) and make a decision on the possibility of reducing the cooling temperature of circulation gas in evaporators by changing the frequency of circulation of solutions. The created algorithmic software in the MATLAB environment allows embedding a client module, the so-called OPC client. The latter provides technology for free programming of access to current data.

**Keywords:** ammonia production, absorption-refrigeration unit, decision-making algorithm, energy efficiency.