

А. К. Бабіченко¹, к. техн. н., професор, І. Л. Красніков¹, к. техн. н., професор,
Ю. А. Бабіченко², к. техн. н., доцент, Я. О. Кравченко¹, PhD, доцент,
І. Г. Лисаченко¹, к. техн. н., доцент, В. О. Панасенко³, д. техн. наук, професор

МЕТОДОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ У РОЗВ'ЯЗУВАННІ ТЕХНІЧНИХ ПРОТИРІЧ ХОЛОДИЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ВИРОБНИЦТВ АМІАКУ

¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

² Український державний університет залізничного транспорту

³ Державна установа «Державний науково-дослідний і проектний інститут основної хімії»

Ключові слова: виробництво аміаку, абсорбційно-холодильний комплекс, системний аналіз, усунення технічних протиріч.

Вступ

Сучасні виробництва аміаку становлять собою складні енерготехнологічні комплекси. Вилучення продукційного аміаку у відділенні синтезу цих виробництв здійснюється за традиційно прийнятою майже в усіх країнах схемою двохступеневої конденсації, яка відбувається за рахунок охолодження циркуляційного газу [1]. Одним з проявів такої енерготехнологічності стало застосування на стадії вторинної конденсації двох абсорбційно-холодильних технологічних комплексів (АХТК), функціонування яких забезпечується за рахунок утилізації низькопотенціальної теплоти матеріальних потоків (гріюче середовище) конвертованого газу (КГ) з температурою 137 °С та парогазової суміші (ПГС) з температурою 125 °С відповідно відділень конверсії оксиду вуглецю та розгонки газового конденсату у кип'ятильниках генератора-ректифікатора [2]. АХТК є технічною системою з великою кількістю взаємодіючих елементів, що організовані для досягнення основної технологічної цілі, а саме охолодження циркуляційного газу (ЦГ).

Застосування апаратів повітряного охолодження як у складі АХТК, так і на стадії первинної конденсації призводить у зв'язку із сезонними та добовими коливаннями температури атмосферного повітря до порушення стабільності функціонування АХТК. За таких обставин температура охолодження ЦГ у випарниках АХТС змінюється у доволі широких межах від -8 °С до +5 °С, яка за регламентом не повинна перевищувати 0 °С [3]. Збільшення останньої навіть на 1 °С призводить до зниження енергоефективності виробництва аміаку внаслідок підвищення річної витрати природнього газу на 307,3 тис.нм³ у додатковий паровий котел [4]. Все це обумовлює необхідність удосконалення АХТК як технічної системи для стабілізації температури охолодження ЦГ на рівні не більше 0 °С, особливо у весняно-літній період.

Мета досліджень

Дослідити АХТК як технічну систему з позиції системного аналізу та запропонувати основні напрямки удосконалення, що забезпечують стабілізацію температури охолодження ЦГ у випарниках на мінімально можливому рівні, а отже і підвищення енергоефективності виробництва аміаку.

Результати досліджень

АХТК як технічна система (ТС), схема якого наведена на рис. 1, містить такі основні елементи: генератор-ректифікатор 1, дефлегматор 2, повітряний конденсатор 3 з ресивером 4, переохолодник 5, випарник 6, абсорбер 7 з ресивером 8, насос міцного розчину 9, теплообмінник розчинів 10 та оператор (людина), що керує цим комплексом і одночасно також є її елементом.

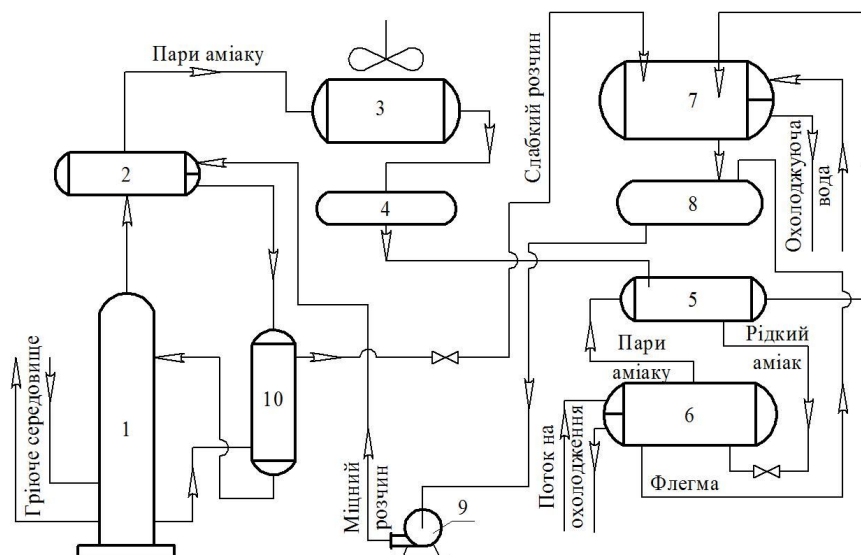


Рисунок 1 – Схема абсорбційно-холодильного технологічного комплексу

Слід зауважити, що з позицій системного аналізу сам по собі АХТК не є ТС. Він являє собою антропотехнічну систему [5]. Тобто усі технологічні апарати (елементи), що входять до складу АХТК і вважаються ТС, не є системами самі по собі до тих пір, поки за допомогою людини (оператора) не визначені їх функції – навіщо вони потрібні, які їх властивості є корисними функціями (КФ), а які шкідливими (ШФ). При цьому КФ мають підкреслювати таке відношення між елементами, за якого зміна в одному елементі сприяє зміні в іншому та відповідає головній корисній функції (ГКФ) АХТК, а саме забезпеченню температури охолодження ЦГ у випарнику на мінімальному рівні. Проте слід відзначити, що по суті ГКФ є похідною від потреб людини.

Досліджуючи АХТК поелементно, як вже відзначено вище, основна складність його експлуатації пов'язана з властивістю такого її елементу як повітряний конденсатор. КФ повітряного конденсатора – це максимально можлива конденсація водо-аміачної пари (холодоагенту), що надходить до випарника. Зв'язок між повітряним конденсатором і випарником – прямий та опосередкований через переохолодник. При цьому між випарником і переохолодником зв'язок є зворотнім позитивним, бо останній підсилює КФ випарника.

КФ випарника пов'язана із властивістю забезпечення кипіння рідкого холодоагенту на високому рівні його концентрації та на певному рівні тиску у міжтрубному просторі внаслідок теплообміну з потоком ЦГ, що проходить по трубному просторі. КФ випарника може змінюватись за рахунок дії такої сукупності елементів ТС як генератор-ректифікатор з дефлегматором. КФ сукупності цих елементів забезпечується властивістю максимальної подачі пари холодоагенту до повітряного конденсатора за рахунок утилізації низькопотенціальної теплоти конвертованого газу та парогазової суміші, зв'язок між якими є прямим. Проте внаслідок зміни температури атмосферного повітря, а

отже і температури та тиску конденсації виникає зворотній зв'язок поміж повітряним конденсатором та сукупністю вище перелічених елементів. При цьому у випадку підвищення тиску конденсації внаслідок збільшення температури атмосферного повітря цей зв'язок буде негативним, бо послаблює КФ генератора-ректифікатора. В протилежному випадку зворотній зв'язок буде позитивним. До того ж зміна тиску конденсації обумовлює і зміну концентрації холодоагенту: в першому випадку вона підвищується, а у другому зменшується. Отже застосування повітряного охолодження сприяє виникненню небажаних ефектів і технічних протиріч поміж елементами ТС, тобто коли корисна дія (збільшення концентрації холодоагенту) викликає одночасно і шкідливу дію (зниження витрати холодоагенту з конденсатора до випарника). За таких обставин відбувається зниження холодопродуктивності АХТК, а отже і підвищення температури охолодження ЦГ понад 0 °С, затвердженого технологічним регламентом. Виникає ситуація неузгодженості параметра цілі та властивостей ТС, що обумовлює адміністративне протиріччя (АП). При цьому, згідно проведеного аналізу до повітряного конденсатора ставляться взаємовиключні вимоги, а саме тиск конденсації має бути одночасно і високим і низьким. Ситуація з такими протилежними вимогами до одного елементу ТС, як відомо [6], обумовлює фізичне протиріччя (ФП).

Керуючись переліком стандартних операторів щодо розв'язання ФП [7] доцільно виділити наступний і загально відомий, а саме оператор розділу суперечливих властивостей у просторі. За такого оператора необхідно забезпечити конденсацію холодоагенту на високому рівні тиску, а кипіння водоаміачної пари (слабкого розчину) у генераторі-ректифікаторі на більш низькому рівні тиску. Оператор розподілу, у якості якого може бути застосований струменевий компресор, таким чином обумовить і усунення ТП поміж елементами ТС. Застосування цього оператора (Q-новація) забезпечить можливість переходу до R-новації, тобто встановлення «безкоштовних» ресурсів R на отримання робочої пари для цього компресора, на які раніше не зверталась увага. Аналіз технологічного оформлення агрегату синтезу аміаку свідчить, що таким ресурсом може бути потік відпрацьованої водяної пари турбіни компресора стиску природного газу. За рахунок такої утилізації низькопотенціальної теплоти відпрацьованої водяної пари з температурою до 90 °С і тиску 0,04 МПа з'являється можливість знизити споживання електроенергії, яка за існуючого регламенту безповоротно втрачається у кількості до 348 кВт·год на конденсацію 18 т/год цієї пари. Пошук існуючих енергозберігаючих технологій свідчить про можливість утилізації потоку з таким наднизьким температурним потенціалом у циклах пароежекторних технологічних систем (ПТС), працюючих на легкокиплячій речовині [8, 9]. У якості робочого агента ПТС в аміачному виробництві тим більше для таких АХТК доцільно застосувати аміак. Внаслідок такого розділу тисків поміж конденсатором і генератором-ректифікатором з'являється можливість вилучення зі схеми АХТК дефлегматора та отримання холодоагенту дуже високої концентрації шляхом ректифікації пари частиною рідкого холодоагенту з ресивера конденсатора без застосування додаткового насоса, що як правило має місце у загально прийнятому технологічному оформленні процесу [10].

Проведений системний аналіз існуючого технологічного оформлення АХТК з визначенням АП, ТП і ФП та застосування R- та Q-новацій щодо усунення наведених вище протиріч дозволили виконати синтез нової технічної системи [11], схема якої представлена на рис. 2.

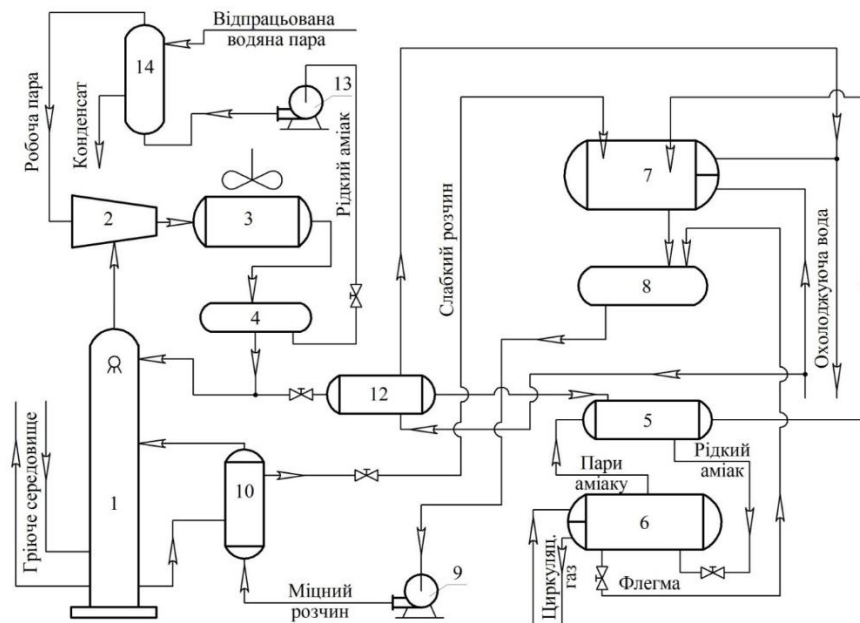


Рисунок 2 – Нове апаратурно-технологічне оформлення АХТК

Результати розрахунків основних параметрів вузлових точок для нової схеми АХТК, виконаних за загально відомим алгоритмом [2, 8], представлені у порівнянні з проектним варіантом схеми у табл. 1. При цьому кількість дренавної флегми з випарника, температура охолодження ЦГ у випарнику та холодопродуктивність визначались у відповідності з методикою викладеною в роботі [4].

Порівнювальний аналіз проектного та нового варіанту схеми свідчить, що включення трубопроводу подачі рідкого аміаку з повітряних конденсаторів забезпечує додаткову ректифікацію і збільшення концентрації холодоагенту майже до 100%-вої, а переохолодження його у водяному переохолоднику сприяє зменшенню температури на вході випарника з 33 °С до 27 °С. За таких умов збільшується питома холодопродуктивність з 1055,8 кДж/кг до 1122,6 кДж/кг. Крім того, зменшення температури пари холодоагенту на виході ректифікатора з 99 °С до 42,5 °С обумовлює і зниження питомої теплоти генератора-ректифікатора з 2434,7 кДж/кг до 2155,2 кДж/кг, що сприяє за постійності підводу теплоти з КГ і ПГС до генератора на рівні 7,1 МВт збільшенню кількості отриманого холодоагенту з 10,5 т/год до 11,86 т/год. Внаслідок такого збільшення у підсумку підвищується і загальна холодопродуктивність АХТК з 3,05 МВт до 3,68 МВт, що обумовлює зниження температури охолодження ЦГ з 3 °С до 0 °С, тобто до регламентної норми. Таке зниження температури зменшить навантаження на циркуляційний компресор стиску свіжої азотно-водневої суміші, а отже зменшить і витрату природного газу у додатковий паровий котел на 922 тис. нм^3 на рік.

Підвищення тиску конденсації з 1,585 МПа до 1,7 МПа забезпечується струменевим компресором. За такої невеликої різниці стиску коефіцієнт інжекції буде достатньо високим і згідно розрахунків достатньо апробованим у практичних умовах алгоритмом [12] складе 1,8 одиниць. За такого коефіцієнту інжекція 15,51 т/год аміачної пари з генератора-ректифікатора робочою парою тиском 3 МПа може бути реалізована значно меншою кількістю до 8,6 т/год на кожен АХТК. Це обумовить збільшення навантаження на конденсатори і з урахуванням двох АХТК складе 17,2 т/год, конденсація яких вимагає встановлення додаткового повітряного конденсатора загальним енергоспоживанням до 300 кВт·год. Проте за рахунок утилізації відпрацьованої водяної пари компресора стиску

природного газу в циклі ПТС для отримання робочої пари для струменевих компресорів АХТК зменшиться навантаження на повітряні конденсатори з водяною парою, кількість якої визначиться за рівнянням:

$$M_{ВП} = M_{АП} \cdot r_A / r_{ВП}; \quad (1)$$

$$M_{ВП} = 17,2 \cdot 250 / 550 = 7,82 \text{ т/год},$$

де МВП – кількість водяної пари, т/год; МАП – кількість аміачної пари, т/год; r_A – питома теплота пароутворення аміаку при температурі 65 °С і тиску 3 МПа, ккал/кг; r_{ВП} – питома теплота конденсації відпрацьованої водяної пари турбін, ккал/кг.

Таблиця 1 – Параметри вузлових точок за проектним та новим варіантом схеми енерготехнологічного оформлення АХТК

Стан матеріального потоку	Проектний варіант схеми				Новий варіант схеми			
	Температура, °С	Тиск, МПа	Концентрація, кг/кг	Витрата, т/год	Температура, °С	Тиск, МПа	Концентрація, кг/кг	Витрата, т/год
Міцний розчин на вході генератора	93	1,585	0,42	74,85	93	1,585	0,42	85,27
Міцний розчин на виході абсорбера	35	0,29	0,42	74,85	35	0,29	0,42	85,27
Слабкий розчин на виході генератора	115	1,585	0,326	64,35	115	1,585	0,326	73,41
Слабкий розчин з теплообмінника розчину	67	1,585	0,326	64,35	45	1,585	0,326	73,41
Рідкий холодоагент з конденсатора	40	1,585	0,998	10,5	42,5	1,7	0,9997	11,86
Рідкий холодоагент з водяного переохолодника	-	-	-	-	33	1,7	0,9997	11,86
Рідкий холодоагент з парового переохолодника	33,5	1,585	0,998	10,5	27	1,7	0,9997	11,86
Пара на виході ректифікатора	99	1,585	0,952	10,5	42,5	1,585	0,9997	15,51
Флегма з конденсатора	-	-	-	-	42,5	1,7	0,9997	11,86
Пара на виході парового переохолодника	5	0,29	1	10,41	2	0,29	1	11,82
Пара на виході випарника	-10,5	0,29	1	10,41	-10,5	0,29	1	11,82
Флегма з випарника	-2	0,29	0,7617	0,09	-5,4	0,29	0,8361	0,04
Циркуляційний газ до випарника	16	23,49	0,8714*	168,512	16	23,49	0,8714*	168,512
Циркуляційний газ з випарника	3	23,49	0,1039*	168,512	0	23,49	0,1071*	168,512

Примітка: * концентрація аміачного конденсату

Внаслідок такої утилізації з'являється можливість відключення одного з трьох повітряних вентиляторів конденсаторів відпрацьованої водяної пари турбіни компресора

стиску природного газу із споживанням електроенергії 116 кВт·год. За такої умови загальне споживання електроенергії за новою схемою дещо збільшиться і визначиться за наступним рівнянням:

$$N = N_1 + N_2 - N_3 - N_4 - N_5, \quad (2)$$

де $N_1 = 348$ кВт·год – споживання електроенергії на привод трьох вентиляторів конденсаторів відпрацьованої водяної пари турбіни компресора стиску природного газу за проектним варіантом; $N_2 = 800$ кВт·год – витрата електроенергії на конденсацію пари холодоагенту двох АХТК за проектним варіантом; $N_3 = 232$ кВт·год – споживання електроенергії на привод вентиляторів конденсаторів відпрацьованої водяної пари турбіни компресора стиску природного газу за новим варіантом; $N_4 = 1100$ кВт·год – споживання електроенергії на конденсацію пари холодоагенту та робочої пари струменевого компресора у циклі ПТС; $N_5 = 40$ кВт·год – витрата електроенергії насосу подачі рідкого холодоагенту до парогенератора ПТС.

Підсумовуючи вище перелічені показники підвищення споживання електроенергії за новою схемою складе 224 кВт·год. За існуючої вартості електроенергії (в Україні) на 2023 рік 5 грн за 1 кВт·год, а природного газу біля 18 грн за 1 м³ загальне зниження річних експлуатаційних витрат у виробництві аміаку за новою схемою АХТК складе близько 8 млн.грн, що підтверджує ефективність запропонованого за результатами системного аналізу технологічного оформлення процесу охолодження ЦГ на стадії вторинної конденсації.

Висновки

Представлені результати досліджень абсорбційно-холодильного технологічного комплексу (АХТК) блоку вторинної конденсації виробництва аміаку як технічної системи з позицій системного аналізу з метою наочної ілюстрації можливостей його застосування в процесі розв'язання винахідницьких задач. Показано, що будь-яка технічна система являє собою підсистему по відношенню до антропометричної системи. Наведено поелементний аналіз АХТК з визначенням їх корисних функцій та зв'язків між ними. Це забезпечило можливість виявлення небажаних ефектів, а отже і адміністративних, технічних та фізичних протиріч у технічній системі відповідно з встановленою головною корисною функцією, а саме забезпеченню температури охолодження циркуляційного газу на мінімально можливому рівні. Визначено оператор покращення (Q-новація) технічної системи та «безкоштовні» ресурси (R-новація) для реалізації оператора цілі, що дозволило здійснити синтез нової технічної системи для АХТК, підвищення економічної ефективності якої забезпечується за рахунок зниження температури охолодження циркуляційного газу в середньому на 3 °С, що обумовлює і підвищення економічної ефективності внаслідок зниження річних експлуатаційних витрат по природному газу майже на 1 млн. м³.

Література

1. Liu H. Ammonia Synthesis Catalyst 100 Years: Practice, enlightenment and challenge, Chin. J. Catal. 2014. 35 (10). 1619–1640. [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(14\)60118-2](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(14)60118-2).
2. Бабіченко, А.К., Бабіченко Ю,А., Кравченко, Я.О., Красніков, І.Л. (2021). Алгоритмічне забезпечення прийняття рішень щодо ефективності експлуатації абсорбційно-

холодильних установок виробництв. Інтегровані технології та енергозбереження, 4, 13–21. <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2021.4.02>.

3. Бабіченко А. К., Тошинський В. І. (2009). Застосування математичного моделювання для діагностики показників ефективності процесів тепло- і масообміну в абсорберах тепловикористовуючих холодильних установок агрегатів синтезу аміаку. *Вопросы химии и химической технологии*, 6, 107 – 111.

4. Babichenko, A., Babichenko, J., Kravchenko, Y., Velma, S., Krasnikov, I., Ly-sachenko, I. (2018). Identification of heat exchange process in the evaporators of absorption refrigerating units under conditions of uncertainty. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2(91)), 21–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121711>.

5. Основи наукових досліджень : навч. посібник / А. К. Бабіченко [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т", Нац. фарм. ун-т. – Харків : Друкарня Мадрид, 2021. – 134 с.

6. Альтшуллер Г.С. Поиск новых идей: от озарения к технологии. - Кишинев: Карта Молдовеняскэ, 1989. – 381 с.

7. Теорія технічних систем / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – К.: ЦП „КОМП-РИНТ”, 2017. – 291 с.

8. Babichenko, A., Krasnikov, I., Babichenko, J., Panasenko, V., Snurnikov, D., Shutyn-skiy, O. (2024). Designing energy-efficient hardware and technological structure of absorption refrigeration units for ammonia production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(2 (127)), 74–81. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.297717>.

9. Энергосберегающее технологическое оформление блока вторичной конденсации крупнотоннажных агрегатов синтеза аммиака / А. К. Бабіченко, В. И. Тошинский, И. Л. Красников и др. // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2007. – № 4. – С. 3–6.

10. Лобойко, О. Я., Товажнянський, Л. Л., Слабун, І. О. Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв. Харків: НТУ «ХП», 2001.

11. Пат. 42161 Україна, МПК F25B 15/00, F25B 49/00, C01 C 1/00. Установка для виробництва аміаку / Бабіченко А.К., Тошинський В.І., Красніков І.Л., Деменкова С.Д.; заявник та власник патенту НТУ «ХП». – No u200900599; заявл. 17.01.2009; опубл. 25.06.2009, Бюл. No 12.

12. Соколов, Е. Я., Зингер, Н. М. Струйные аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

Bibliography (transliterated)

1. Liu H. Ammonia Synthesis Catalyst 100 Years: Practice, enlightenment and challenge, *Chin. J. Catal.* 2014. 35 (10). 1619–1640. [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(14\)60118-2](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(14)60118-2).

2. Babichenko, A.K., Babichenko Yu,A., Kravchenko, Ya.O., Krasnikov, I.L. (2021). Alhorytmichne zabezpechennia pryiniattia rishen shchodo efektyvnosti ekspluatatsii absorbttsiino-kholodynykh ustanovok vyrobnytstv. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberezhennia*, 4, 13-21. <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2021.4.02>.

3. Babichenko A. K., Tshynskyi V. I. (2009). Zastosuvannia matematychnoho modeliuvannia dlia diahnostryky pokaznykiv efektyvnosti protsesiv teplo- i masoobminu v absorberakh teplovykorystovuiuchykh kholodynykh ustanovok ahrehativ syntezy amiaku. *Voprosy khymyy u khymycheskoi tekhnolohyy*, 6, 107–111.

4. Babichenko, A., Babichenko, J., Kravchenko, Y., Velma, S., Krasnikov, I., Ly-sachenko, I. (2018). Identification of heat exchange process in the evaporators of absorption refrigerating units under conditions of uncertainty. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2(91)), 21–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121711>.
5. *Osnovy naukovykh doslidzhen : navch. posibnyk / A. K. Babichenko [ta in.] ; Nats. tekhn. un-t "Kharkiv. politekhn. in-t", Nats. farm. un-t. – Kharkiv : Drukarnia Madryd, 2021. – 134.*
6. Altshuller H.S. *Poysk novykh ydei: ot ozarenyia k tekhnolohyy. - Kyshynev: Kartia Moldoveniaske, 1989. – 381 p.*
7. *Teoriia tekhnichnykh system / V.S. Loveikin, Yu.O. Romasevych. – K.: TsP „KOM-PRYNT”, 2017. – 291 p.*
8. Babichenko, A., Krasnikov, I., Babichenko, J., Panasenko, V., Snurnikov, D., Shutynskiy, O. (2024). Designing energy-efficient hardware and technological structure of absorption refrigeration units for ammonia production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(2 (127)), 74–81. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.297717>.
9. *Enerhosberehaiushchee tekhnolohycheskoe oformlenye bloka vtorychnoi kondensatsyy krupnotonnazhnykh ahrehatov synteza ammyaka / A. K. Babychenko, V. Y. Toshynskiy, Y. L. Krasnykov y dr. // Yntehyrovannyye tekhnolohyy y enerhosberezhnyye. – 2007. – № 4. – P. 3–6.*
10. Loboiko, O. Ya., Tovazhnianskyi, L. L., Slabun, I. O. *Metody rozrakhunkiv u tekhnolohii neorhanichnykh vyrobnytstv. Kharkiv: NTU «KhPI, 2001.*
11. Pat. 42161 Ukraina, MPK F25B 15/00, F25B 49/00, S01 S 1/00. *Ustanovka dlia vyrobnytstva amiaku / Babichenko A.K., Toshynskiy V.I., Krasnikov I.L., Demenkova S.D.; zaiavnyk ta vlasnyk patentu NTU «KhPI». – No u200900599; zaiavl. 17.01.2009; opubl. 25.06.2009, Biul. No 12.*
12. Sokolov, E. Ya., Zynher, N. M. *Struinye apparaty. – M.: Enerhoatomyzdat, 1989. – 352 p.*

УДК 661.53:042.2

А. К. Бабіченко, к. техн. н., професор, І. Л. Красніков, к. техн. н., професор,
Ю. А. Бабіченко, к. техн. н., доцент, Я. О. Кравченко, PhD, доцент,
І. Г. Лисаченко, к. техн. н., доцент, В. О. Панасенко, д. техн. наук, професор

МЕТОДОЛОГІЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ У РОЗВ'ЯЗУВАННІ ТЕХНІЧНИХ ПРОТИРІЧ ХОЛОДИЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ ВИРОБНИЦТВ АМІАКУ

Розглянуті особливості енерготехнологічного оформлення блоку вторинної конденсації виробництв аміаку, в яких для охолодження циркуляційного газу використовуються абсорбційно-холодильні технологічні комплекси (АХТК).

Встановлені недоліки функціонування АХТК, які обумовлюють порушення режиму охолодження циркуляційного газу в умовах зміни температури атмосферного повітря. Сформульовано напрямок дослідження АХТК як технічної системи з позицій системного аналізу та запропоновані основні напрямки удосконалення, що забезпечують стабілізацію температури охолодження циркуляційного газу у випарниках на мінімально можливому рівні, а отже і підвищення енергоефективності виробництва аміаку.

Наведено поелементний аналіз АХТК з визначенням їх корисних функцій та зв'язків поміж ними, що забезпечило можливість виявлення небажаних ефектів, встановлення

головної корисної функції, а отже і адміністративних, технічних та фізичних протиріч. Зосереджена основна увага на виникненні ситуації неузгодженості параметра цілі та властивостей технічної системи, а також чим обумовлені взаємовиключні вимоги до такого параметру як тиск конденсації. Показано, що головна корисна функція є по суті похідною від потреб людини-оператора, тобто АХТК це підсистема по відношенню до антропометричної системи.

Користуючись переліком стандартних операторів щодо розв'язання фізичних протиріч застосовано оператор покращення (Q-новація) технічної системи для розділу суперечливих властивостей у просторі та встановлені «безкоштовні» ресурси (R-новація) для реалізації оператора, що дозволило здійснити синтез нової технічної системи АХТК. Визначена економічна ефективність новоствореної системи, яка забезпечується за рахунок зниження температури охолодження циркуляційного газу в середньому на 3 °С. За рахунок такого зниження зменшуються експлуатаційні річні витрати по природному газу майже на 1 млн. м³.

Ключові слова: виробництво аміаку, абсорбційно-холодильний комплекс, системний аналіз, усунення технічних протиріч.

А. К. Бабиченко, И. Л. Красников, Ю. А. Бабиченко, Я. О. Кравченко, И. Г. Лисаченко,
В. О. Панасенко

МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В РЕШЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОРЕЧИЙ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДСТВ АММИАКА

Рассмотрены особенности энерготехнологического оформления блока вторичной конденсации производств аммиака, в которых для охлаждения циркуляционного газа используются абсорбционно-холодильные технологические комплексы (АХТК).

Выявлены недостатки функционирования АХТК, которые обуславливают нарушение режима охлаждения циркуляционного газа в условиях изменения температуры атмосферного воздуха. Сформулировано направление исследования АХТК как технической системы с позиций системного анализа и предложены основные направления совершенствования, обеспечивающие стабилизацию температуры охлаждения циркуляционного газа в испарителях на минимально возможном уровне, а следовательно, и повышение энергоэффективности производства аммиака.

Приведен поэлементный анализ АХТК с определением их полезных функций и связей между ними, что обеспечило возможность выявления нежелательных эффектов, установления главной полезной функции, а следовательно, и административных, технических и физических противоречий. Уделено основное внимание возникновению ситуации несогласованности параметра цели и свойств технической системы, а также чем обусловлены противоречивые требования к такому параметру как давление конденсации. Показано, что главная полезная функция является по сути производной от потребностей человека-оператора, то есть АХТК это подсистема по отношению к антропометрической системе.

Используя список стандартных операторов по разрешению физических противоречий применен оператор улучшения (Q-инновация) технической системы для разделения противоречивых свойств в пространстве и установлены "бесплатные" ресурсы (R-инновация) для реализации оператора, что позволило осуществить синтез новой техни-

ческой системы АХТК. Определена экономическая эффективность новосозданной системы, которая обеспечивается за счет снижения температуры охлаждения циркуляционного газа в среднем на 3 °С. За счет такого снижения уменьшаются эксплуатационные годовые расходы по природному газу почти на 1 млн. м³.

Ключевые слова: производство аммиака, абсорбционно-холодильный комплекс, системный анализ, устранение технических противоречий.

A. K. Babichenko, I. L. Krasnikov, Ju. A. Babichenko, Ya. O. Kravchenko,
I. G. Lysachenko, V. O. Panasenko

METHODOLOGY OF SYSTEM ANALYSIS IN SOLVING TECHNICAL CONTRADICTIONS OF REFRIGERATION COMPLEXES OF AMMONIA PRODUCTION

The features of the energy technological design of the secondary condensation unit of ammonia production are considered, in which absorption and refrigeration technological complexes (АХТК) are used for cooling circulating gas.

Defects in the functioning of АНТК have been identified, which cause violation of the cooling regime of the circulating gas under conditions of change of temperature of the atmospheric air. The article formulates the direction of research of АНТК as a technical system from the standpoint of system analysis and offers main directions of improvement, which ensure stabilization of temperature of cooling of circulating gas in evaporators at the minimum possible level, and hence, improving the energy efficiency of ammonia production.

The article provides element-by-element analysis of АНТК with definition of their useful functions and connections between them, which provided possibility of detection of undesirable effects, establishment of the main useful function and, consequently, administrative, technical and physical contradictions. The main attention is paid to the occurrence of a situation of inconsistency of the target parameter and the properties of the technical system, as well as why there are contradictory requirements to such parameter as condensation pressure. It is shown that the main useful function is essentially derived from the needs of the human operator, that is, АНТК is a subsystem relative to the anthropometric system.

Using the list of standard operators for the resolution of physical contradictions applied the operator of improvement (Q-innovation) of the technical system for the separation of contradictory properties in space and established "free" resources (R-innovation) for the implementation of the operator, which allowed for the synthesis of the new technical system АНТК. The economic efficiency of the newly built system has been determined, which is ensured by reducing the cooling temperature of the circulating gas by an average of 3 °С. Due to this decrease, the annual operating costs of natural gas by almost 1 million. м³.

Keywords: ammonia production, absorption-refrigeration complex, system analysis, elimination of technical contradictions.