

Бабіченко А.К.¹, к. техн. н., доцент, Кравченко Я.О.¹, PhD,
Бабіченко Ю.А.², к. техн. н., доцент, Красніков І.Л.¹, к. техн. н., доцент,
Лисаченко І.Г.¹, к. техн. н., доцент

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ВТОРИННОЇ КОНДЕНСАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ ЯК ОБ'ЄКТ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

²Український державний університет залізничного транспорту

Ключові слова: виробництво аміаку, вторинна конденсація, системний аналіз, енергоефективність, розв'язання технічних протиріч

Вступ

Сучасні виробництва аміаку становлять собою складні енерготехнологічні великотоннажні комплекси, що побудовані за традиційно прийнятою майже в усіх країнах схемою з двохступеневою схемою конденсації продукційного аміаку у відділенні синтезу [1]. Застосування апаратів повітряного охолодження на першій стадії конденсації у зв'язку із сезонними та добовими коливаннями температури атмосферного повітря призводить до зміни теплового навантаження на подальшу вторинну конденсацію.

Технологічний комплекс вторинної конденсації (ТКВК) є технічною системою з великою кількістю взаємодіючих елементів, що організовані для досягнення основної технологічної цілі, а саме охолодження циркуляційного газу (ЦГ). При цьому охолодження ЦГ забезпечується двома абсорбційно-холодильними установками (АХУ) загальною холодопродуктивністю 6,28 МВт та аміачним турбокомпресорним холодильним агрегатом (АТК), що споживає до 4,8 тис. кВт·год електроенергії [2], тобто на нього припадає до 40% електроенергії від усього виробництва аміаку. За таких обставин з підвищенням теплового навантаження на ТКВК збільшується споживання електроенергії в АТК з метою забезпечення необхідної холодопродуктивності для можливої стабілізації температури охолодження ЦГ на регламентному рівні не більше 0 °С [3]. Таким чином збільшення температури атмосферного повітря і як наслідок теплового навантаження на АТК призводить до надмірного споживання електроенергії. Все це обумовлює необхідність удосконалення ТКВК як технічної системи для зниження енерговитрат, а отже і підвищення енергоефективності всього виробництва аміаку. В теперішній час розгляд технічних систем згідно існуючої теорії розв'язання винахідницьких задач з метою підвищення ефективності їх функціонування здійснюється із застосуванням системного аналізу.

Мета досліджень

Дослідити ТКВК, як технічну систему з позицій системного аналізу та запропонувати основні напрямки усунення існуючих протиріч для її удосконалення, що забезпечують підвищення енергоефективності як ТКВК, так і виробництва аміаку загалом.

Результати досліджень

ТКВК як технічна система, схема якого наведена на рис. 1, становить собою сукупність наступних елементів: конденсаційна колона 1, низькотемпературні випарники

2 і 3, абсорбційно-холодильні установки 4 і 5, аміачний турбокомпресорний холодильний агрегат 6 з електроприводом 7 та оператор (людина), що керує ТКВК та одночасно також є її елементом. При цьому оператор вирішує наступні задачі керування [4]: контроль функціонально-технічного стану елементів ТКВК як при підготовці до її пуску, так і під час роботи; контроль узгодженості функціонування елементів, тобто всі елементи в ідеалі мають бути узгоджені за конструктивними і технологічними показниками поміж собою, інакше може відбутися збій у роботі; контроль відповідності функцій елементів головній цілі Z щодо організації ТКВК, в нашому випадку, стабілізації температури охолодження ЦГ на регламентному рівні не більше 0 °С.

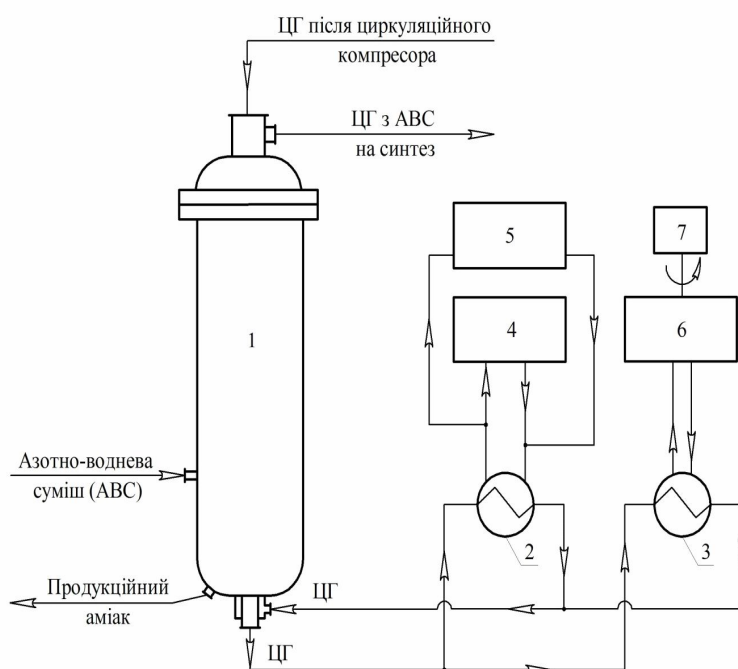


Рисунок 1 – Узагальнена схема технологічного комплексу вторинної конденсації

Отже технічні системи, зокрема ТКВК, не є самостійними: цілі їх виникнення та розвитку задаються людиною. За таких обставин ТКВК являє собою антропометричну систему (людина і технічна система). Тобто усі технологічні апарати, що входять до складу ТКВК і вважаються технічною системою, не є самі по собі до тих пір, поки за допомогою людини-оператора не визначені їх функції, а саме навіщо вони потрібні, які їх властивості є корисними функціями (КФ), а які є шкідливими (ШФ). При цьому КФ підкреслюють таке відношення поміж елементами, за якого зміна в одному елементі сприяє зміні в іншому та відповідає цілі Z, заради якої і була створена (запропонована) технічна система.

У ТКВК, представлений на рис. 1, корисна функція АХУ, як елемента системи, забезпечується властивістю подачі рідкого холодоагенту з певною концентрацією і витратою до низькотемпературного випарника. Проте в АХУ є інша КФ утилізації низькопотенціальної теплоти потоків конвертованого газу і парогазової суміші відповідно відділень конверсії оксиду вуглецю та розгонки газового конденсату. При цьому в АХУ є і певні потреби, а саме необхідність затрат електроенергії у конденсаторах повітряного охолодження та охолоджуючої води для відведення теплоти в абсорбері. По відно-

шенню до корисної функції перелічені властивості (потреби) вже є обслуговуваними. Аналогічно АХУ є і корисна функція АТК, але обслуговуюча функція забезпечується потребою в затратах електроенергії для електродвигуна. Корисна функція конденсаційної колони забезпечується властивістю теплообміну поміж прямим і зворотнім потоками ЦГ, що сприяє зниженню температури ЦГ, а отже і теплового навантаження на низькотемпературні випарники. Сукупність цих КФ перелічених елементів технічної системи забезпечують виконання цілі Z системи, а саме забезпечення регламентної температури охолодження ЦГ, а отже і вилучення за рахунок конденсації продукційного аміаку з ЦГ та сепарації у конденсаційній колоні.

Перелічені вище міркування справедливі, якщо головною корисною функцією (ГКФ) слід вважати стабілізацію температури охолодження ЦГ на регламентному рівні. Проте як відзначалося технічні системи є антропометричними, тобто деякі функції, що корисні до певної ГКФ системи можуть стати шкідливими по відношенню до КФ елемента, і навпаки. При цьому якщо ГКФ системи буде задана як підвищення енергоефективності ТКВК, то властивість у забезпеченні електроенергією електроприводу АТК стає не корисною (обслуговуючою), а ШФ.

Отже ГКФ по суті є похідною від потреб людини і антропометрична система по відношенню до технічної системи вже виступає як надсистема [5]. В нашому випадку невідповідність вимоги щодо підвищення енергоефективності за рахунок вилучення такого елемента як АТК з електродвигуном обумовлює виникнення адміністративного протиріччя (АП). Інакше кажучи, коли відома ціль (Z), а саме зниження споживання електроенергії, то вона виявляється у протиріччі з технічною системою для її задоволення, тобто змінились умови, такі як суттєве збільшення в теперішній час вартості електроенергії. Така зміна умов (ситуації) вимагає створення оператора Q для усунення АП.

До того ж, вилучення АТК зі схеми ТКВК (оператор Q покращення технічної системи начебто відомий) погіршує іншу характеристику системи, а саме підвищує суттєво температуру охолодження ЦГ до неможливого за регламентом рівня, понад $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, що обумовлює, як відомо [6] не тільки збільшення витрати природного газу, але і втрату продуктивності колони синтезу. За таких обставин виникає технічне протиріччя (ТП), тобто неузгодженість параметрів і властивостей елементів системи. Отже АТК, як елемент, має бути вилучена зі схеми роботи та замінена на інший більш ефективний, наприклад, ще одну АХУ. Проте аналіз технологічного оформлення свідчить, що джерела ресурсу низькопотенціальної теплоти з потенціалом температури понад $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ для вводу в дію третьої АХУ в агрегаті синтезу немає, що зумовлює виникнення фізичного протиріччя (ФП), тобто до стану системи ставляться взаємовиключні вимоги. Таким чином ТП – це конфлікт усередині самої технічної системи між її параметрами та елементами. При уточненні задачі ТП замінюється ФП, яке виникає між параметрами технічної системи у якому-небудь одному елементі або навіть його частині.

Користуючись терміном стандартних операторів щодо розв'язання ТП у межах винахідницьких задач [7] доцільно виділити наступний і найпростіший, а саме оператор попередньої антидії, згідно якого необхідно здійснити вибір антисистеми. За такого вибору має бути забезпечено виконання протилежної функції по відношенню до окремої, в нашому випадку, шкідливої функції, тобто збільшення температури ЦГ на вході ТКВК. Визначення оператора Q удосконалення технічної системи (Q -новація) забезпечує можливість переходу до R -новації, тобто встановлення «безкоштовних» ресурсів R , на які раніше не зверталась увага. Аналіз технологічного оформлення агрегату синтезу свідчить, що таким ресурсом є матеріальний потік відпрацьованої водяної пари парових

турбін компресора технологічного повітря з тиском 0,04 МПа і температурою до 90 °С, на охолодження і конденсацію якого у циклі відділення пароутворення витрачається додатково електроенергія на привод вентиляторів апаратів повітряного охолодження. Пошук існуючих енергозберігаючих технологій показав можливість утилізації такого низького потенціалу водяної пари у циклах пароежекторних холодильних установок (ПХУ), працюючих на легкокиплячій речовині [8,9]. У якості холодоагенту в аміачному виробництві доцільно використовувати аміак, широке застосування якого в циклах ПХУ різних галузей промисловості обмежувалось його шкідливими властивостями. Проведений системний аналіз існуючого ТКВК з визначенням ГКФ, АП і ТП та застосування R- та Q-новацій у межах винахідницьких задач дозволили здійснити синтез нової технічної системи, схема якої представлена на рис. 2.

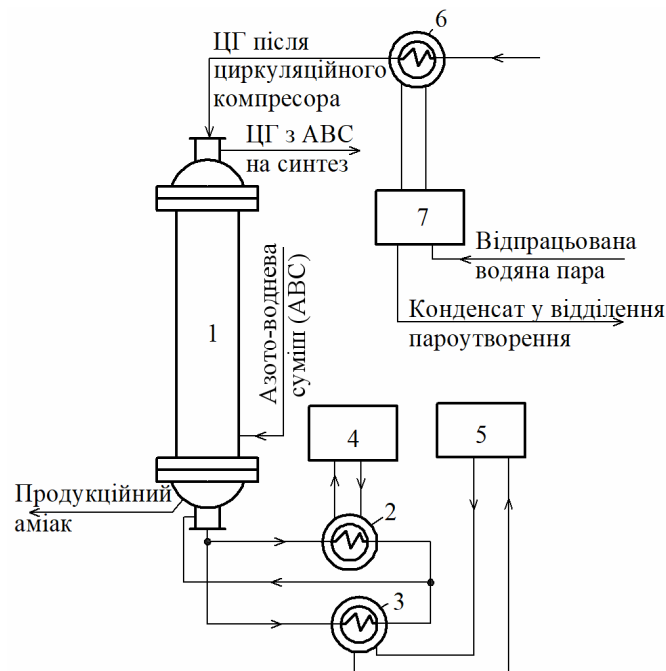


Рисунок 2 – Нова технічна система технологічного комплексу вторинної конденсації

Визначення ефективності, запропонованої на рис. 2 технічної системи, обумовлює необхідність розрахунку холодопродуктивності пароежекторної холодильної установки 7 з високотемпературним випарником 6. Аналіз умов експлуатації показав, що в літній період максимальна температура ЦГ на вході ТКВК не перевищує 50 °С, а отже необхідне зниження температури ЦГ у випарнику 6 має бути доведено до 35 °С. Величина цієї температури, що забезпечує можливість відключення АТК, підтверджується результатами досліджень представлених в роботі [10]. Розрахунок холодопродуктивності ПХУ за такого розподілу температур ЦГ при існуючій витраті ЦГ не більше 667 тис. $\text{нм}^3/\text{год}$ за достатньо апробованим в промислових умовах алгоритмом [11] показав, що для такого розподілу температур ЦГ у випарнику 6 необхідно забезпечити її на рівні 7,8 МВт (6,7 Гкал/год). При цьому температура і тиск кипіння у високотемпературному випарнику мають бути на рівні 29 °С і 1,154 МПа відповідно, що обумовить достатньо високу різницю температур 6 °С з боку виходу ЦГ. За таких умов витрата холодоагенту до високотемпературного випарника на рівні 24 т/год забезпечить задану холодопродуктивність.

Величина досягаемого коефіцієнту інжекції струменевого компресора ПХУ визначалась за загально відомим алгоритмом [12] і склала величину 0,5. При цьому значення стиску пари холодоагенту було обмежено рівнем 1,6 МПа, що забезпечить у літній період достатньо високу температуру конденсації 40 °С пари аміаку після струменевого компресора у повітряних конденсаторах ПХУ. Загальна кількість пари холодоагенту і робочої пари на повітряні конденсатори ПХУ складе 72 т/год, конденсація яких може бути здійснена згідно проектних показників шістьма апаратами повітряного охолодження із споживанням електроенергії до 1200 кВт·год. Кількість відпрацьованої водяної пари, що забезпечує отримання робочої пари в парогенераторі ПХУ, визначається за рівняннями:

$$\begin{aligned} M_{ВП} &= M_{АП} \cdot r_A / r_{ВП}; \\ M_{ВП} &= 48 \cdot 250 / 550 = 22 \text{ т/год}, \end{aligned} \quad (1)$$

де $M_{ВП}$ – кількість водяної пари, т/год; $M_{АП}$ – кількість робочої 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.

Внаслідок такої утилізації водяної пари є можливість відключення одного з трьох повітряних вентиляторів конденсаторів відпрацьованої водяної пари турбіни компресора технологічного повітря із споживанням електроенергії 100 кВт·год. Отже експлуатація ТКВК за новою схемою дозволяє вилучити з роботи АТК та забезпечити роботу кожної АХУ на свій випарник та збільшити у літній період загальну холодопродуктивність холодильних систем до 14 МВт. Для діючих в Україні агрегатів синтезу серії АМ-1360 зниження експлуатаційних витрат по електроенергії складе

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

де $N_1 = 4,8$ тис. кВт·год – витрата електроенергії для забезпечення роботи АТК за існуючою схемою; $N_2 = 300$ кВт·год – витрата електроенергії на привод вентиляторів повітряних конденсаторів відпрацьованої водяної пари турбін компресора технологічного повітря за існуючою схемою; $N_3 = 80$ кВт·год – витрата електроенергії на привод насосу рідкого аміаку в ПХУ за новою схемою; $N_4 = 1,2$ тис. кВт·год – витрата електроенергії на привод вентиляторів повітряних конденсаторів для конденсації пари аміаку у циклах ПХУ за новою схемою; $N_5 = 200$ кВт·год – витрата електроенергії на вентилятори повітряних конденсаторів відпрацьованої водяної пари турбін компресора технологічного повітря за новою схемою.

Підсумовуючи за рівнянням (2) вище перелічені витрати зниження споживання електроенергії за новою схемою складе 3,2 тис. кВт·год, що підтверджує ефективність створеної технічної системи ТКВК.

Висновки

Представлені результати досліджень технологічного комплексу вторинної конденсації (ТКВК) як технічної системи з позицій системного аналізу з метою розв'язання винахідницької задачі. Встановлено, що технічна система являє собою підсистему по відношенню до антропометричної системи. Виділені особливі властивості елементів ТКВК, дій та функцій елементів такої технічної системи як ТКВК. Встановлені адміністративні, технічні та фізичні протиріччя технічної системи у відповідності з визначе-

ною головною корисною функцією – підвищення енергоефективності ТКВК. Визначено оператор покращення (Q-новація) технічної системи та «безкоштовні» ресурси (R-новація) для реалізації оператора цілі, що дозволило здійснити синтез нової технічної системи ТКВК, підвищення енергоефективності якої забезпечується зниженням споживання електроенергії на 3,6 тис. кВт·год.

Література

1. Dybkjoker, I. (2013). 100 Years of Ammonia Synthesis Technology: Ammonia plant safety (and related facilities). Safety in ammonia plants & related facilities; Frankfurt, Germany, P. 101–110.
2. Дослідження загальних тенденцій сучасного розвитку виробництва аміаку / А.К. Бабіченко, М.І. Азаров, Ю.А. Бабіченко, І.Л. Красніков, І.Г. Лисаченко. Технологічний аудит та резерви виробництва. 2014. № 5/1(19). С. 55–60.
3. 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. Питання хімії та хімічної технології. 2009. № 6. С. 107–111.
4. Основи наукових досліджень: навч. посіб. / А.К. Бабіченко та ін. Харків : НТУ «ХПІ», НФаУ, 2021. 133 с.
5. Бірта Г.О. Методологія і організація наукових досліджень. [текст] : навч. посіб. / Г.О. Бірта, Ю.Г. Бургу–К. : «Центр учбової літератури», 2014. – 142 с.
6. Babichenko A., Babichenko J., Velma S., Kravchenko Y., Krasnikov I., Lysachenko I. Identification of heat exchange process in the evaporators of absorption refrigerating units under conditions of uncertainty. Eastern–European Journal of Enterprise technologies. 2018. Vol. 1/2 (91). P. 21–29. doi 10.15587/1729-4061.2018.121711.
7. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач) / Г.С. Альтшулер и др. Кишинёв : Картя Молдовеняскэ, 1989. 381 с.
8. Бабіченко Ю.А. Інтенсифікація процесів тепло- і масообміну холодильного обладнання блоку вторинної конденсації виробництва синтетичного аміаку : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08. Харків, 2005. 20 с.
9. Холодильні установки: Підручник / 6-е вид., перероблене і доповнене / І.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар'яновський та ін.; За ред. І.Г. Чумака. – Одеса: Рефпринтінфо, 2006. – 550 с.
10. Бабіченко А.К. Повышение энергоеффективности блока вторичной конденсации агрегатов синтеза аммиака в условиях колебаний температуры атмосферного воздуха. Экология и промышленность. 2012. №1. С. 89–92.
11. Ефимов В.Т., Ерощенков С.А., Бабіченко А.К. Повышение эффективности работы абсорбционных холодильных установок в агрегатах синтеза аммиака большой мощности. Холодильная техника. 1979. No 2. С. 23–26.
12. Соколов Е.Я. Зингер Н.М. Струйные аппараты. 3-е изд., перераб. Москва : Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

Bibliography (transliterated)

1. Dybkjoker, I. (2013). 100 Years of Ammonia Synthesis Technology: Ammonia plant safety (and related facilities). Safety in ammonia plants & related facilities; Frankfurt, Germany, P. 101–110.

2. Doslidzhennia zahalnykh tendentsii suchasnoho rozvytku vyrobnytstva amiaku / A.K. Babichenko, M.I. Azarov, Yu.A. Babichenko, I.L. Krasnikov, I.H. Lysachenko. Tekhnolohichniy audyt ta rezervy vyrobnytstva. 2014. № 5/1(19). P. 55–60.
3. Babichenko A.K., Toshynskiy V.I. Zastosuvannia matematychnoho modeliuвання dlia diahnostryky pokaznykiv efektyvnosti protsesiv teplo-i masoobminu v absorberakh teplovykorystovuiuchykh kholodynykh ustanovok ahrehativ syntezy amiaku. Pytannia khimii ta khimichnoi tekhnolohii. 2009. № 6. P. 107–111.
4. Osnovy naukovykh doslidzen: navch. posib. / A.K. Babichenko ta in. Kharkiv : NTU «KhPI», NFaU, 2021. 133 p.
5. Birta H.O. Metodolohiia i orhanizatsiia naukovykh doslidzen. [tekst] : navch. posib. / H.O. Birta, Yu.H. Burhu– K. : «Tsentр uchbovoi literatury», 2014. – 142 p.
6. Babichenko A., Babichenko J., Velma S., Kravchenko Y., Krasnikov I., Lysachenko I. Identification of heat exchange process in the evaporators of absorption refrigerating units under conditions of uncertainty. Eastern–European Journal of Enterprise technologies. 2018. Vol. 1/2 (91). P. 21–29. doi 10.15587/1729-4061.2018.121711.
7. Poisk novykh idey: ot ozareniya k tekhnologii (Teoriya i praktika resheniya izobretatelskikh zadach) / G.S. Altshuler i dr. Kishinev : Kartya Moldovenyashke. 1989. 381s.
8. Babichenko Yu. A. Intensyfikatsiia protsesiv teplo- i masoobminu kholodylnoho obladnannia bloku vtorynnoi kondensatsii vyrobnytstva syntetychnoho amiaku : avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.17.08. Kharkiv, 2005. 20 p.
9. Kholodylni ustanovky: Pidруchnyk / 6-e vyd., pereroblene i dopovnene / I.H. Chumak, V.P. Chepurnenko, S.Iu. Larianovskiy ta in.; Za red. I.H. Chumaka. – Odesa: Refpryntinfo, 2006. – 550 p.
10. Babichenko A. K. Povysheniye energoyeffektivnosti bloka vtorychnoy kondensatsii agregatov sinteza ammiaka v usloviyakh kolebaniy temperatury atmosfernogo vozdukhа. Ekologiya i promyshlennost. 2012. №1. P. 89–92.
11. Efimov V.T., Eroshchenkov S.A., Babichenko A.K. Povysheniye effektivnosti raboty absorbtсионnykh kholodilnykh ustanovok v agregatakh sinteza ammiaka bolshoy moshchnosti. Kholodilnaya tekhnika. 1979. No 2. P. 23–26.
12. Sokolov E.Ya. Zinger N.M. Struynnye apparaty. 3-e izd.. pererab. Moskva : Energoatomizdat. 1989. 352 p.

УДК 661.531

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

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ВТОРИННОЇ КОНДЕНСАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ ЯК ОБ'ЄКТ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Встановлені особливості апаратурно-технологічного оформлення технологічного комплексу вторинної конденсації (ТКВК) діючих в Україні агрегатів синтезу аміаку серії АМ-1360, недоліком якого є надмірне споживання електроенергії внаслідок застосування турбокомпресорного з електроприводом холодильного агрегату. Сформовано напрямок дослідження ТКВК як технічної системи з позицій системного аналізу з визначенням його переваг у розв'язанні винахідницьких задач. Розглянуто поелементно технічну систему з визначенням основних задач керування, що виконує оператор

ТКВК. У зв'язку з чим, зроблено висновок про несамостійність будь-якої технічної системи, що обумовлює необхідність представлення ТКВК як підсистеми по відношенню до антропометричної системи. Виділені та проаналізовані корисні, обслуговуючі та шкідливі функції ТКВК, визначення та приналежність яких обумовлено певними властивостями елементів технічної системи, що забезпечуються головною корисною функцією. Показано, що головна корисна функція є по суті похідною від потреб оператора, а отже антропометрична система по відношенню до технічної системи виступає як надсистема. Вищенаведений аналіз ТКВК забезпечив встановлення адміністративних, технічних та фізичних протиріч у відповідності з визначеною головною корисною функцією – підвищення енергоефективності ТКВК. Показано застосування системного підходу для забезпечення цілеспрямованої системи дій, що оперує такими термінами як начна ситуація, ціль, оператори досягнення цілі, ресурси, побічні продукти (явища). Визначено оператор покращення (Q-новація) технічної системи та «безкоштовні» ресурси (R-новація) для реалізації оператора цілі, що дозволило здійснити синтез нової технічної системи ТКВК, підвищення енергоефективності (тобто виконання головної корисної функції) якої забезпечується зниженням споживання електроенергії на 3,6 тис. кВт·год навіть в умовах підвищення температури атмосферного повітря понад 30 °С.

Ключові слова: виробництво аміаку, вторинна конденсація, системний аналіз, енергоефективність, розв'язання технічних протиріч

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

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ВТОРИЧНОЙ КОНДЕНСАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ АММИАКА КАК ОБЪЕКТ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Установлены особенности аппаратно-технологического оформления технологического комплекса вторичной конденсации (ТКВК) действующих в Украине агрегатов синтеза аммиака серии АМ-1360, недостатком которого является чрезмерное потребление электроэнергии в результате применения турбокомпрессорного с электроприводом холодильного агрегата. Сформировано направление исследования ТКВК как технической системы с позиций системного анализа с определением его преимуществ в решении изобретательских задач. Рассмотрена поэлементно техническая система с определением основных задач управления, выполняемых оператором ТКВК. В связи с чем, сделан вывод о несамостоятельности любой технической системы, что обуславливает необходимость представления ТКВК как подсистемы по отношению к антропометрической системе. Выделены и проанализированы полезные, обслуживающие и вредные функции ТКВК, определение и принадлежность которых обусловлена определенными свойствами элементов технической системы, которые определены главной полезной функцией. Показано, что главная полезная функция по существу производна от потребностей оператора, а следовательно антропометрическая система по отношению к технической системе выступает как надсистема. Вышеприведенный анализ ТКВК обеспечил установление административных, технических и физических противоречий в соответствии с определенной главной полезной функцией – повышением энергоэффективности ТКВК. Показано применение системного подхода для обеспечения целенаправленной системы действий, оперирующей такими терминами как наглядная ситуа-

ция, цель, операторы достижения цели, ресурсы, побочные продукты (явления). Определены оператор улучшения (Q-новация) технической системы и «бесплатные» ресурсы (R-новация) для реализации оператора цели, что позволило осуществить синтез новой технической системы ТКВК, повышение энергоэффективности (т.е. выполнение главной полезной функции) которой обеспечивается снижением потребления электроэнергии на 3,6 тыс. кВт·ч даже в условиях повышения температуры атмосферного воздуха свыше 30 °С.

Ключевые слова: производство аммиака, вторичная конденсация, системный анализ, энергоэффективность, разрешение технических противоречий.

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

TECHNOLOGICAL COMPLEX OF SECONDARY CONDENSATION OF AMMONIA PRODUCTIONS AS AN OBJECT OF SYSTEM ANALYSIS

The features of the hardware and technological design of the technological complex of secondary condensation (TCSC) operating in Ukraine units for the synthesis of ammonia of the AM-1360 series have been established. The disadvantage of such units is the excessive consumption of electricity as a result of the use of an electrically driven turbocharger refrigeration unit. The direction of the study of TCSC as a technical system is determined from the standpoint of system analysis. Its advantages in solving inventive problems are determined. The technical system is considered element by element. The main control tasks that the TCSC operator performs are defined. The conclusion is made about the dependence of any technical system, which necessitates the presentation of TCSC as a subsystem in relation to the anthropometric system. Useful, maintenance and harmful functions of TCSC are isolated and analyzed. Their definition and belonging is due to certain properties of the elements of the technical system, which are provided by the main useful function. It is shown that the main useful function is derived from the needs of the operator. Therefore, the anthropometric system in relation to the technical system is a supersystem. The analysis of TCSC made it possible to establish administrative, technical and physical contradictions in accordance with the main useful function – increasing the energy efficiency of TCSC. A systematic approach was applied to perform a goal-oriented system of actions using such terms as visual situation, goal, goal achievement operators, resources, by-products (phenomena). The improvement operator (Q-innovation) of the technical system and "free" resources (R-innovation) for the implementation of the goal operator are determined. This made it possible to synthesize a new TCSC technical system, the increase in energy efficiency (i.e., the performance of the main useful function) of which is ensured by a reduction in electricity consumption by 3.6 thousand kWh even when the ambient air temperature rises above 30 °С.

Keywords: ammonia production, secondary condensation, system analysis, energy efficiency, resolution of technical contradictions