

(заключит.) /Нац. техн. ун-т "Харьк. политехн. ин-т"; рук. Перепелица Б. – Харьков, 2004. – 227 с. – № ГР 0102U000976. – Инв. № 0205U002336. 3. Обобщение 3D-моделирования инструментов и формообразования усовершенствованных зубчатых зацеплений с использованием интегрированной технологии RPTM: Отчет о НИР (заключит.) /Нац. техн. ун-т "Харьк. политехн. ин-т"; рук. Перепелица Б. – Харьков, 2007. – 246 с. – № ГР 0105U000575. – Инв. № 0208U.

Поступила в редколлегию 17.12.07

УДК 661.5:544.4

В.В. КАЗАКОВ

ЗДОБУТКИ НАУКОВОЇ ШКОЛИ В ГАЛУЗІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВ'ЯЗАНОГО АЗОТУ У ВИРОБНИЦТВІ НІТРАТНОЇ КИСЛОТИ

Показано здобутки та внесок учених ХПІ в створення нових технологічних схем виробництва HNO_3 у 60-80-ті роки ХХ століття. Наведено основні показники та техніко-економічні характеристики створених технологій. З'ясовано основні тенденції розвитку виробництва нітратної кислоти.

The paper shows the main achievements and contribution of KhPI scientists to the creation of new technological schemes of HNO_3 production in the 60s-80s of the XXth century. Basic indicators and technical economic characteristics of the developed technologies were presented. Principal tendencies of development of nitric acid production were revealed.

Метою дослідження є з'ясування здобутків наукової школи В.І.Атрощенко у розвиток і створення нових технологій виробництва нітратної кислоти.

Дослідження вчених при створенні технологій HNO_3 .

У 20-30-ті роки ХХ ст. в основному HNO_3 одержували в схемах під атмосферним тиском на всіх стадіях процесу. Такий тиск позитивно впливає на окиснення NH_3 до NO ($\alpha=97-98\%$), але ступінь поглинання оксидів азоту водою в баштах кислотної абсорбції складає лише 92–94 %, що приводило до значної втрати зв'язаного азоту. Тому І.Є. Адауров, В.І. Атрощенко К.Г. Седашева та ін. запропонували поглинати оксиди азоту в лужних абсорберах, які працювали за принципом протитечії: у другий апарат за ходом газів подавали розчин соди (200–250 г/л) або вапняне молоко (80–100 г/л) і одержані розчини перероблювали в нітрит-нітратні солі. При цьому загальний ступінь поглинання оксидів азоту підвищувалась до 98 %, різко зменшувались втрати зв'язаного азоту [1,2].

У 1941–43 рр. під керівництвом В.І. Атрощенко співробітники ХХПІ, ДІАП та Чирчикського електромеханічного комбінату розробили й упровадили метод очищення електротехнічного кисню від краплинок лугу й застосовували O_2 у виробництві HNO_3 . Це дозволило збільшити потужність цеху HNO_3 на 30 %, знизити видаткові коефіцієнти, збільшити концентрацію HNO_3 і зменшити викиди NO_x в атмосферу [1]. Абсорбційна колона

тарілчастого типу із сітчастими тарілками запропонована співробітниками ХПІ, ДІАП та Лисичанського хімкомбінату В.І. Конвісаром, В.І. Атрощенком, С.Н. Сороко, П.В. Сичковим та ін. У такій колоні при охолодженні середньої частини до 0–10 °С одержували HNO_3 із концентрацією 65–68 % (раніше біля 50 %) [1].

Розроблення абсорбційних колон нового типу, які працюють під тиском, дозволило створити нову технологічну схему одержання HNO_3 у комбінованих системах, де окиснення NH_3 відбувається під атмосферним тиском, а абсорбція – під тиском 3,5–4,0 ат. Так, уже в 1965 р. у СРСР 23 % HNO_3 вироблялось в системах, які працювали під атмосферним тиском, 27 % – у системах під високим тиском на всіх стадіях і 50 % – у комбінованих системах 1–3,5 ат. На теренах Радянського Союзу такі схеми впроваджено на 16 підприємствах хімічної промисловості й за кордоном у 8 країнах. При одержанні HNO_3 підвищеної концентрації комбіновані системи мають цілий ряд суттєвих переваг. Технологічна схема 1–3,5 ат одержання HNO_3 впроваджена на більше 100 установках хімічних підприємств Радянського Союзу [1, с. 122]. Таким чином, у 50-ті роки ХХ ст. для одержання 45–48 %-ної HNO_3 були створені агрегати, які працювали за комбінованою схемою 1–3,5 ат, потужністю 45–50 тис. т/рік. Але з необхідністю зростання виробництва мінеральних добрив, які вміщують азот, необхідно було збільшувати виробництво HNO_3 . Це вимагало вдосконалення технології, збільшення потужності агрегатів виробництва HNO_3 , підвищення концентрації кислоти й зменшення викидів NO_x в атмосферу.

У 60-ті роки ХХ ст. були розроблені й впроваджені агрегати з потужністю 120 тис. т/рік під єдиним тиском 0,716 МПа, які виробляли HNO_3 із концентрацією 56–58 % [2]. Значний внесок у створення потужного агрегату УКЛ зробили вчені наукової школи В.І. Атрощенка. За науково-технічну розробку й впровадження агрегату виробництва HNO_3 під єдиним тиском 0,716 МПа в 1969 р. В.І. Атрощенку разом із співробітниками ДІАП, Дніпродзержинського хімічного комбінату, Северодонецького заводу присуджено Державну премію СРСР у галузі науки і техніки. В основу цих агрегатів положено так звана енерготехнологічна схема, у якій використовувалась енергія хімічних реакцій перетворення NH_3 у HNO_3 . У технологічну схему було включено високотемпературну каталітичну очистку викидних газів від NO_x із використанням CH_4 у якості відновлювача, а також газова турбіна для рекуперації енергії стиснутих газів. Це дозволило зменшити концентрацію NO_x у викидних газах до 0,002–0,005 % (порівняно з 0,1–0,3 % у комбінованій схемі) [4, 5]. У 60–70-ті роки ХХ ст. було побудовано більше 120 агрегатів у СРСР і за кордоном. Сьогодні на Україні працює 34 агрегати УКЛ, які повністю забезпечують країну в HNO_3 і ще на протязі 10–15 років будуть виробляти необхідну хімічну продукцію [1].

Для проектування й розробки агрегату виробництва HNO_3 під тиском 0,716 МПа було використано значну кількість результатів досліджень В.І.

Атрощенко та його учнів: кінетичне рівняння окиснення NH_3 до NO ; математичну модель та оптимальні технологічні умови процесу окиснення NH_3 ; оптимальні технологічні умови; оптимальні умови окиснення NO до NO_2 ; розрахунок ступені переробки оксидів азоту; рівняння для знаходження к.к.д. тарілок та ін.

За результатами розробки й упровадження в промислове виробництво технологічних схем 1–3,5 та 7,3 ат частка економічного ефекту кафедри ТНР ХПІ в 9-й п'ятирічці становила 9,0 млн. крб., а тільки за 3 роки 10-ї п'ятирічки – 11,5 млн. крб. Таких результатів у впровадженні наукових досліджень не мала жодна кафедра в СРСР [1, с. 129].

У 70-ті роки ХХ ст. розроблено й упроваджено ДІАПОМ разом із науковцями ХПІ потужні агрегати виробництва HNO_3 за комбінованою енерготехнологічною схемою АК-72 (АК-72М) із тиском на стадії окиснення NH_3 і абсорбції оксидів азоту відповідно 0,392 і 1,079 МПа (360–380 тис. т/рік HNO_3) [3-5]. У схемі АК-72М каталітична очистка за допомогою природного газу замінена на селективну аміачну очистку від NO_x . Такі агрегати дозволяють отримувати 58–60 % HNO_3 з умістом у викидних газах не більше 0,005 % оксидів азоту [551].

У 70-80-ті роки ХХ ст. потужні агрегати АК-72, АК-72М побудовані в містах Чирчик (Узбекистан, 1979 р.), Новгород (Росія, 1980 р.), Дорогобуж (Росія, 1980 р.), Россош (Росія, 1981 р.), Руставі (Грузія, 1981 р.), Кемерово (Росія, 1981 р.), Кірово-Чепецьк (Росія, 1983 р.) та ін. На Україні виробництво HNO_3 за схемою АК-72, АК-72М відсутнє.

В.І. Атрощенко разом зі співробітниками кафедри ТНР ХПІ запропонували оптимальні параметри на стадії окиснення NH_3 в агрегаті АК-72 (АК-72М): тиск 0,28–0,45 МПа; температура 840–860 °С; об'ємна концентрація NH_3 у суміші з повітрям 9,6–10,5 %; лінійна швидкість газу 2,4–2,6 м/с. При цих умовах є можливість досягти ступінь перетворення NH_3 у NO на рівні 96,5 %, а при високій чистоті повітря й NH_3 ступінь конверсії NH_3 складає 97 % [2-4]. Науковою школою досліджено й запропоновано технологічні фактори, які впливають на процес взаємодії оксидів азоту з H_2O на стадії абсорбції в схемі АК-72.

У таблиці наведено характеристику розроблених технологічних схем виробництва HNO_3 у СРСР після 40-х років ХХ ст. за участю наукової школи В.І. Атрощенко. Показано, що, починаючи з 50-х років завдяки результатам діяльності наукової школи, потужність кожної наступної схеми зростала в 3–4 рази, а остання технологія виробництва HNO_3 АК-72 у 32–36 разів має більшу потужність, порівняно зі схемою під атмосферним тиском [2].

Для створення ефективних технологій виробництва HNO_3 , підвищення продуктивності агрегатів, збереження енергії й ресурсів В.І. Атрощенко разом зі співробітниками кафедри ТНР ХПІ було запропоновано використовувати кисень для окиснення NH_3 , NO і абсорбції NO_2 [2]. Це дозволило на стадії окиснення NH_3 підвищити концентрацію аміаку в АПС до 35 %, отри-

мувати концентрацію кислоти до 70 % HNO_3 , зменшити викиди в атмосферу NO_x , значно спростити технологічну схему. При цьому об'єм апаратів контактного вузла зменшиться в 4, а абсорбційної колони – в 360 разів [2, с. 73].

Таблиця – Характеристика технологічних схем виробництва HNO_3

Упровадження технології, роки	40-ві	50–60-ті	1965	1976
Потужність однієї технологічної лінії, тис. т/рік HNO_3	10–12	45–50	120	360–380
T Тиск на стадії, ат: окиснення NH_3 абсорбції NO_2	1 1	1 3,5	7,3 7,3	4,5 11
Збільшення потужності однієї лінії, рази	1	4,2–4,5	10–12	31,7–36,0

Результати наукових досліджень В.І. Атрощенко, В.Т. Єфімова, І.І. Литвиненка, В.В. Кутового, Т.І. Печенко, В.І. Конвісара, К.Г. Седашової, В.М. Каута та ін. [2] широко використано для розробки, проектування й побудови технологічної схеми великої потужності для виробництва концентрованої (98–99 % HNO_3) кислоти прямим методом безпосередньо з оксидів азоту. За цією технологією також отримують розчини $\text{HNO}_3\text{-NO}_2$ із масовою концентрацією NO_2 до 35–42 %, які використовують як окиснювачі в ракетній техніці [2, с. 296–301]. Для цієї технології В.І. Атрощенко, В.Т. Єфімов, І.І. Литвиненко розробили нову конструкцію автоклава, що дозволило підвищити продуктивність апарату в 2 рази, знизити витрати O_2 на 15 %, зменшити тиск процесу [1, с. 122].

Висновки.

Грунтовні й фундаментальні дослідження наукової школи дозволили розробити наукові засади та вирішити практичні проблеми при створенні нових технологій та апаратів, що дозволило інтенсивно розвиватись хімічній науці й технології, зробити вагомий внесок у науково-технічний процес.

Список літератури: 1. Наукова та науково-організаційна діяльність академіка В.І. Атрощенко в хімічній технології //Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Г.І. ГРИНЬ, О.Я. ЛОБОЙКО, С.О. ГРИНЬ, П.В. КУЗНЕЦОВ. – Х.: НТУ «ХП», – 2006. – 264 с. 2. Атрощенко В.И., Каргин С.И. Технология азотной кислоты. – М.: Химия, 1970. – 496 с. 3. Катализаторы в азотной промышленности /Под ред. В.И. Атрощенко. – Х.: Вища шк., 1977. – 144 с. 4. Кинетика абсорбционных процессов /Под ред. В.И. Атрощенко. – Х.: Вища школа, 1976. – 182 с. 5. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций под давлением /Под ред. В.И. Атрощенко. – Харьков, Вища шк. – 1974. – 168 с.

Надійшла до редакції 15.11.07.