



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

*XIX Міжнародної науково-практичної
конференції молодих вчених, курсантів та
студентів*

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Львів – 2024

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- Голова:** **Василь ПОПОВИЧ** – т.в.о. проректора з науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор;
- Заступники голови:** **Сергій ЄМЕЛЬЯНЕНКО** – начальник відділу організації науково-дослідної діяльності, к.т.н., ст. досл., ЛДУ БЖД;
- Члени наукового комітету:** **Oksana TELAK** – Doctor of Sciences, MSFS, Warsaw, Poland ;
Jerzy TELAK – Doctor of Sciences, Professor, ASE, Warszawa, Poland;
Boguslaw KOGUT - Doktor inżynier, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej
Вікторія СЕРГІЄНКО – проректор з наукової роботи Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, д.м.н., професор
Максим СМІЛЕВСЬКИЙ – начальник управління безпеки департаменту міської мобільності та вуличної інфраструктури Львівської міської ради, к.ю.н.
Олеся ВАЩУК – професор кафедри криміналістики Національного університету «Одеська юридична академія», Голова Ради молодих учених при Міністерстві освіти і науки України, д.ю.н. професор
Роман ЛАВРЕЦЬКИЙ –, учений секретар Університету, к.і.н., доцент;
Анастасія СИМАНОВА – професор кафедри бізнес-аналітики та цифрової економіки Національного авіаційного університету, перший заступник Голови Ради молодих учених при Міністерстві освіти і науки України, д.е.н. професор
- Члени оргкомітету:** **Василь КАРАБИН** – начальник Навчально-наукового інституту психології та соціального захисту, д.т.н., доцент;
Андрій ЛИН – начальник Навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки, к.т.н., доцент;
Ярослав КИРИЛІВ – старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, к.т.н., с.н.с.;
Ольга МЕНЬШИКОВА – заступник начальника Навчально-наукового інституту цивільного захисту, к.ф.-м.н., доцент;
Іван ПАСНАК – заступник начальника Навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки, к.т.н., доцент;
Ірина БАБІЙ – заступник начальника Навчально-наукового інституту психології та соціального захисту, к.пед.н., доцент;
Тетяна ВОЙТОВИЧ – начальник відділу науково-редакційної діяльності, доктор філософії (PhD);

Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ – начальник докторантури, ад'юнктури, к.т.н.;
Андрій ТАРНАВСЬКИЙ – доцент кафедри цивільного захисту та протимінної діяльності ЛДУБЖД, к.т.н., доцент;
Олександра ПЕКАРСЬКА – викладач кафедри цивільного захисту та протимінної діяльності ЛДУБЖД;
Андрій КУШНІР – доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики ЛДУБЖД, к.т.н., доцент;
Інна ОНОШКО – старший викладач кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики ЛДУБЖД;
Дмитро КОБИЛКІН – доцент кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту ЛДУБЖД, к.т.н., доцент;
Ольга КОРЧАК – викладач кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту ЛДУБЖД;
Роман КОНАНЕЦЬ – заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт ЛДУБЖД;
Володимир-Петро ПАРХОМЕНКО – доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт ЛДУБЖД, к.т.н.;
Назарій БУРАК – заступник начальника кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій ЛДУБЖД, к.т.н., доцент;
Олександр ХЛЕВНОЙ – доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій ЛДУБЖД, к.т.н.;
Світлана ВЛОВИЧ – доцент кафедри практичної психології та педагогіки ЛДУБЖД, к.т.н., с.н.с.;
Юлія КУЛИК – викладач кафедри практичної психології та педагогіки ЛДУБЖД;
Володимир МАРИЧ – старший викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці ЛДУБЖД, к.т.н., доцент;
Наталія ІВАСІВКА – викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці ЛДУБЖД;
Катерина СТЕПОВА – доцент кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД, к.т.н., доцент
Ірина КОЧМАР – викладач кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД;
Руслана СОДОМА – старший викладач кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту ЛДУБЖД, к.е.н., доцент
Олег КОВАЛЬЧУК – викладач кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор філософії;
Галина ТЕЛЕГІНА – доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці ЛДУБЖД, к.м.н., доцент;
Орислава ГОРНОСТАЙ – доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці ЛДУБЖД, к.т.н., доцент
Даниїл БЕГЕН – науковий співробітник відділу науково-редакційної діяльності ЛДУБЖД
Ростислав ГРИНИК – молодший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності ЛДУБЖД

УДК 614.841

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ БЕЗПЕЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ КОМПРЕСОРИВ ДЛЯ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ У ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА АМІАКУ

Аліна Шаповалова

Ференц Н.О., кандидат технічних наук, доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Досліджено умови безпечного режиму роботи компресорів для горючих газів у технологічному процесі виробництва аміаку. Розрахунково встановлено, що компримування природного газу до тиску 3,7 МПа з температурою не більше 110°C, а компресування синтез-газу до тиску 32 МПа з температурою не більше 95°C здійснюється при чотириступеневому стисненні у компресорі. Використання компресорів з міжступінчастими холодильниками дає можливість знизити температурний режим роботи компресора.

Ключові слова: компресор, адіабатичне стиснення, температура, джерело запалювання, ступені стиснення.

STUDY OF CONDITIONS OF SAFE OPERATION OF COMPRESSORS FOR COMBUSTIBLE GAS IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF AMMONIA PRODUCTION

Alina Shapovalova

Ferents N.O., Ph.D. tech. Science, Associate Professor
Lviv State University of Life Safety

The conditions of safe operation of compressors for combustible gases in the technological process of ammonia production were studied. It was determined by calculation that compression of natural gas to a pressure of 3.7 MPa with a temperature of no more than 110°C, and compression of synthetic gas to a pressure of 32 MPa with a temperature of no more than 95°C is carried out with a four-stage compression in the compressor. The use of compressors with interstage refrigerators makes it possible to lower the compressor's operating temperature.

Keywords: compressor, adiabatic compression, temperature, ignition source, degrees of compression.

У промисловому комплексі України використовується у виробничій діяльності понад 225 тис. тонн небезпечних хімічних речовин, у тому числі 187 тис. тонн аміаку [1]. Підприємства, які виробляють аміак та інші азотовмісні сполуки, є надзвичайно небезпечні і потребують високого ступеня захисту від можливих аварій, вони повинні обладнуватись найсучаснішими технічними засобами захисту від надзвичайних ситуацій.

У технології основним способом добування аміаку є прямий синтез його з азоту і водню за реакцією: $N_2 + 3H_2 \leftrightarrow 2NH_3$. Ця реакція відбувається лише при високих тисках, високій температурі і наявності каталізатора. На сучасних заводах синтез проводять у більшості випадків при тисках 25,0...35,0 МПа, а інколи навіть при 70,0...100,0 МПа. Чим більший тиск, тим більше рівновага реакції зміщується в бік утворення NH_3 , тобто в бік збільшення виходу аміаку.

Метою роботи є оцінка температури природного газу та синтез-газу при стисненні їх в компресорі та дослідження умов безпечного режиму роботи компресорів для горючих газів у технологічному процесі виробництва аміаку.

Технологічний процес виробництва аміаку складається з таких стадій: сепарація природного газу від важких вуглеводнів, компримування і підігрівання природного газу, очищення природного газу від сірчистих сполук, первинний риформінг, вторинний риформінг, тонке очищення конвертованого газу від оксиду і діоксиду вуглецю з одержанням синтез-газу в реакторі метанування, компримування синтез-газу, синтез аміаку в колоні під тиском не більше 35 МПа і при температурі 450...550°C на залізному каталізаторі.

У технологічній схемі виробництва аміаку передбачено стиснення природного газу до тиску 3,7 МПа, в синтез-газ компримують до тиску 32,0 МПа.

Процес стиснення природного газу та синтез-газу в компресорі супроводжується виділенням тепла і підвищенням температури цих газів в газовідвідних вузлах компресора. Висока температура в компресорах, які стискають горючі гази, спричиняє інтенсивне випаровування мастила і погіршення якості змащення, забруднення продуктами розкладання мастила поверхні холодильників, знижує ступінь охолодження і, як наслідок, сприяє ще більш сильному нагріванню газу.

Максимальна температура газу при стисненні в компресорі і відсутності охолодження визначається згідно [2] за формулою:

$$T_k = T_n \cdot \left(\frac{P_k}{P_n} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad (1),$$

де: T_k і T_n – відповідно кінцева та початкова температури газу, [K]; P_k і P_n – відповідно кінцевий та початковий тиск газу в компресорі, [Па]; k – показник адіабати – дорівнює 1,67 та 1,4 відповідно для одно- та двоатомних газів.

Максимальна температура природного газу при стисненні в компресорі не повинна перевищувати 110°C, а температура синтез-газу – не більше 95°C.

Виходячи з умов безпечного режиму експлуатації компресора, ступінь стиснення горючих газів і число ступенів стиснення обчислювали за формулами:

$$\varepsilon \leq \left(\frac{T_{p.безп.}}{T_n} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad (2),$$

$$x \geq \frac{\lg P_k - \lg P_n}{\lg \varepsilon} \quad (3),$$

де: ε – допустимий ступінь стиску газу в компресорі; $T_{p.безп.}$ – безпечна температура газу в концентрації стиснення, [К]; за $T_{p.безп.}$ приймали мінімальне значення двох величин: температури, знайденої з формули (1) за температурою самозаймання газу, який стискається, або допустимою температури мастила в картері компресора; x – число ступенів стиску компресора.

Розрахунково встановлено, що компримування природного газу до тиску 3,7 МПа з температурою не більше 110°C, а компримування синтез-газу до тиску 32 МПа з температурою не більше 95°C можливо здійснити проходячи чотири ступені стиснення у компресорі. Використання чотиріступінчастих компресорів з міжступінчастими водяними холодильниками дає можливість знизити температурний режим роботи компресора і здійснювати охолодження газу після кожного ступеня стиснення.

Технологічний процес синтезу аміаку є вибухопожежонебезпечний, оскільки, у виробничому процесі використовуються такі речовини як метан, водень, оксид вуглецю, аміак, моноетаноламін, змащувальні масла. Ефективним способом запобігання пожеж є виключення джерел запалювання, зокрема, таких як тепло адіабатичного стиснення шляхом використання чотиріступінчастих компресорів для природного газу і синтез-газу з міжступінчастими водяними холодильниками.

Список літератури

1. Біла книга цивільного захисту України: інформаційне видання ДСНС / за заг. ред. П.Б. Волянського. Київ, 2023. 272 с.
2. Пожежна безпека. Загальні положення : ДСТУ 8828:2019. [Чинний з 01.01.2020]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.

References

1. White book of civil defense of Ukraine: information publication SES/According to the general edition P.B.Volanskogo. Kyiv, 2023. 272 p.
2. Fire safety. Terms: DSTU 8828:2019. [Acting from 01.01.2020]. Kyiv: SE «Ukr SRSC», 2020. 84 c