



**МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ  
УКРАЇНСЬКОЮ,  
АНГЛІЙСЬКОЮ,  
ПОЛЬСЬКОЮ  
МОВАМИ**

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

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

### **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

*Львів – 2021*

#### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**Голова:**

**Андрій КУЗИК** – проректор з науково-дослідної роботи ЛДУБЖД, д.с.-г.н., професор

**Заступник голови:**

**Сергій ЄМЕЛЬЯНЕНКО** – начальник відділу організаційно-науково-дослідної діяльності ЛДУБЖД, к.т.н.

**Члени оргкомітету:**

**Alan FLOWERS**, Kingston University, London, Great Britain, PhD

**Henryk POLCIK**, SEW, Cracow, Poland, PhD

**Rafal MATUSZKIEWICZ**, MSSF, Warsaw, Poland

**Юрій РУДИК**, головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, к.т.н., доцент

**Юрій СТАРОДУБ**, професор відділу організації науково-дослідної діяльності, д. ф.-м. н., професор

**Ярослав КИРИЛІВ**, старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, к.т.н., с.н.с.

**Роман ЛАВРЕЦЬКИЙ**, учений секретар Університету, к.і.н., доцент

**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

**Василь ПОПОВИЧ**, начальник Навчально-наукового інституту цивільного захисту, д.т.н., доцент

**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

**Тетяна КОНІВЦЬКА**, молодший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, к.пед.н.

### Література

1. Киреев А.А., Трегубов Д. Г., Лещева В.А. Исследование тушения спиртов сухим и смоченным пеностеклом. *Проблемы пожарной безопасности*. №47. 2020. С.35–44. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10942>.
2. Тарахно О.В., Жернокльов К.В., Трегубов Д.Г. та ін. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум. Частина 1. Харків, 2010. 309 с.

УДК 614.835

## ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТА ВИКОРИСТАННІ КИСНЮ

*Троцюк Станіслав*

**Ференц Н.О.**, канд. техн. наук, доцент

**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності**

В Україні через пандемію коронавірусної інфекції в лікарнях виникла проблема з киснем. Рідкий медичний кисень на даний час виробляють такі підприємства: ПАТ «Лінде газ Україна», ДП «Мессер Україна», АТ «Полтавський завод медичного скла», АТ «Львівський хімічний завод», ТОВ «Запорізький автогенний завод і Компанія», ТОВ «Карпатнафтохім». Відомо багато випадків загорянь і вибухів кисневих установок, балонів, апаратів при отриманні, зберіганні та використанні кисню. Один з таких вибухів, що призвів до дуже важких наслідків, стався 18 січня 2010 року в м. Луганську. В реанімаційному відділенні 7-ї міської лікарні вибухнули кисневі балони. Загинули 16 людей, будівля лікарні зруйнувалась з п'ятого до третього поверху [1].

Метою даної роботи є дослідження вибухопожежної небезпеки установок та апаратів з киснем.

«Волинькисень ЛХЗ» входить в торгову мережу компаній Львівського хімічного заводу і виробляє промислові гази: медичний і технічний кисень, аргон, азот, ацетилен, вуглекислий газ, пропан та гелій. Поставка здійснюється як в балонах різного об'єму, так і в цистернах. Отримують більшість цих газів за допомогою ректифікації повітря, яке складається з азоту (78%), кисню (21%), аргону (0,9%). Решта 0,1% складаються, в основному, з вуглекислого газу та інертних газів – неону, гелію, криптону і ксенону.

Розділення повітря на його компоненти здійснюється в установках фракціонування повітря, де відбувається криогенна ректифікація – розділення окремих компонентів один від одного з метою отримання високочистого азоту, кисню і аргону в рідкій та газоподібній формі.

У колоні однократної ректифікації не можуть бути отримані продукти високої чистоти, тому в реальному виробництві використовують колони двократної ректифікації. Нижня колона, що працює в циклі низького тиску (при  $P=0,55\dots 0,6$  МПа), забезпечує отримання технічного газоподібного і рідкого кисню. Верхня колона працює під тиском  $0,13\dots 0,15$  МПа і забезпечує отримання чистого газоподібного або рідкого азоту. Для підвищення чистоти отриманого азоту використовують дефлегмацію – зрошення верхньої колони рідким технічним азотом. Ця колона складається з спільно змонтованих або розділених двох частин.

Поділ повітря умовно розділяють на три основні етапи: очищення повітря, зрідження повітря і ректифікація повітря. Перш ніж повітря надійде на вхід зріджувальної і ректифікаційної секцій повітродозвідної установки, здійснюється його очищення – вилучаються всі домішки, які або знаходяться в у вигляді твердих частинок, або легко можуть перейти у твердий стан при зниженні температури (водяна пара, пил, дим і пари інших речовин, вуглекислий газ). Основна частина цих домішок після компресорного стиснення затримується масло- і вологовловлювачами.

Осушення повітря здійснюється пропусканням його через адсорбери. Вуглекислий газ відокремлюють за допомогою теплообмінних апаратів, в яких вилучається водяна пара, а також охолоджується повітря, що надходить від системи. Газ, що легко заморожується, осідає в твердому вигляді на металевих поверхнях теплообмінників, які працюють при дуже низьких температурах. Систему періодично очищають від нагромаджених домішок, повертаючи потік газів в теплообміннику.

Очищене повітря надходить у секцію зрідження і охолоджується в системі механічної рефрижерації, поки основна його частина не перетвориться на рідину. Залежно від тиску, до якого повітря було стиснуто спочатку, його температура тут знижується до приблизно 100 К.

Тиск знаходиться в межах від 0,6 до 20 МПа. При охолодженні використовується холод відокремлених раніше газів, що надходять з ректифікаційної секції. В оптимально сконструйованому теплообміннику холод відокремлених газів практично повністю передається вхідному повітрю. На деяких установках, зокрема таких, де частина відокремлених газів відбирається в рідкому вигляді, для попереднього охолодження до приблизно  $-40^{\circ}$  С (230 К) передбачаються теплообмінники з фреоном.

При більш низьких температурах, необхідних для зрідження повітря, охолоджувальним середовищем служить або вхідне повітря, або відокремлений азот. Цей газ, стиснений до певного тиску, приводить в рух розширювальну машину, або детандер (звернений компресор). Охолодження можна також здійснювати за рахунок розширення стиснених газів в газоподібній або рідкій фазі при закінченні через дросельний клапан. В цьому випадку зниження температури обумовлено ефектом Джоуля-Томсона (дросель-ефектом).

Ректифікація повітря в ректифікаційній колоні базується на протитечійній взаємодії потоків рідини і пари, які рухаються назустріч один одному. Рідина стікає зверху вниз по колоні, збагатившись висококиплячим компонентом – киснем, пара підіймається вгору, збагатившись низькокиплячим компонентом – азотом. Рушійною силою процесу ректифікації є нерівноважна різниця концентрацій компонентів у взаємодіючих потоках, яка створюється за рахунок різниці температур кипіння рідини залежно від вмісту в ній компонентів, що розділяються.

Так як повітря і продукти його розділення є негорючими газами, то приміщення у яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) належать до категорії Д (зниженопожежонебезпечна), а зовнішні установки – до категорії Д<sub>з</sub> [2].

У промисловості нагромаджено великий практичний досвід щодо аварій кисневих установок, балонів, апаратів при отриманні, зберіганні та використанні кисню. Тому в роботі проведено розрахунок показників вибухонебезпеки у випадку таких аварій: руйнування резервуара з викидом усієї кількості рідкого кисню; розгерметизація трубопроводу подачі кисню до кисневої рампи і вихід газу з трубопроводу протягом 5 хвилин. Для розрахунків параметрів вибухонебезпеки були прийняті такі початкові дані: питома теплота згорання (за метаном) – 50125 кДж/кг (802 кДж/моль); питома енергія вибуху тротилу – 4520 кДж/кг; частка приведеної маси газу, що бере участь у вибуху  $z=1$ ; атмосферний тиск – 101 кПа; маса кисню, яка бере участь в аварії – 2 т.

Встановлено, що радіус зони повного руйнування будівель і смертельної небезпеки для людей, на межі якої надлишковий тиск на фронті ударної хвилі  $\Delta P \geq 100$  кПа, перевищує 80,1 м; а радіус зони сильних руйнувань будівельних конструкцій, обвалення цегляних стін і смертельної небезпеки для людей ( $\Delta P=70$  кПа) – 118,1 м. Розрахунково підтверджено, що приміщення, у яких знаходиться кисень, слід відносити до категорії А – вибухопожежонебезпечна, а зовнішні установки з киснем – до категорії Аз.

### Література

1. Названо причини вибуху в лікарні в Луганську: веб-сайт. URL: [https://zaxid.net/nazvano\\_prichini\\_vibuhu\\_v\\_likarni\\_v\\_lugansku\\_n1097884](https://zaxid.net/nazvano_prichini_vibuhu_v_likarni_v_lugansku_n1097884) (дата звернення: 23.02.2021).
2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. 31 с. (Інформація та документація).