



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

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

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Львів – 2025

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Голова: Василь **ПОПОВИЧ**, проректор з наукової роботи, д.т.н., професор;

Заступники голови: Ярослав **ІЛЬЧИШИН**, начальник науково-дослідного центру, к.пед.н.;

Члени наукового комітету: **Oksana TELAK**, MSFS, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences;
Jerzy TELAK, ASE, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences, Professor;
Bogusław 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;
Дмитро КОБИЛКІН, учений секретар Університету, к.т.н., доцент;
Анастасія СИМАХОВА, 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;
Ольга БАРАБАШ, професор кафедри історії, теорії та конституційного права ННІ права та правоохоронної діяльності ЛьвівДУВС, Голова Ради молодих вчених, д.ю.н., професор.

Члени оргкомітету: **Сергій ЄМЕЛЬЯНЕНКО**, заступник начальника центру – начальник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру, к.т.н., ст. досл.;
Роман ЯКОВЧУК, начальник факультету цивільного захисту, д.т.н., доцент;
Роман ЛАВРЕЦЬКИЙ, начальник факультету психології та соціального захисту, к.і.н., доцент;
Богдан БОЙЧУК, т.в.о. начальника факультету пожежної та техногенної безпеки, доктор філософії (PhD);
Ярослав КИРИЛІВ, провідний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру, к.т.н., с.н.с;
Ольга МЕНЬШИКОВА, заступник начальника факультету цивільного захисту, к.ф.-м.н., доцент;

Андрій ДОМІНІК, заступник начальника факультету пожежної та техногенної безпеки, к.т.н., доцент;

Ігор КОВАЛЬ, заступник начальника факультету психології та соціального захисту, к.пед.н., доцент;

Тетяна ВОЙТОВИЧ, начальник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру, доктор філософії (PhD);

Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ, начальник докторантури-ад'юнктури, к.т.н.;

Володимир МАРИЧ, доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці, к.т.н., доцент;

Катерина СТЕПОВА, старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру, к.т.н., доцент;

Даниїл БЕГЕН, провідний фахівець відділу міжнародного співробітництва;

Ростислав ГРИНИК, науковий співробітник сектору науково-інноваційної діяльності науково-дослідного центру;

Андрій ГАВРИСЬ, заступник начальника кафедри цивільного захисту, к.т.н., доцент;

Олександр ЛЮБОВЕЦЬКИЙ, старший викладач кафедри цивільного захисту;

Олександра ПЕКАРСЬКА, викладач кафедри цивільного захисту;

Галина РОМАНСЬКА, викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці;

Олег ПАЗЕН, начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, к.т.н.;

Іван ГРІДАСОВ, старший викладач кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики;

Валерія БАЛАЦЬКА, викладач кафедри управління інформаційною безпекою;

Лідія ВЕРБИЦЬКА, завідувач кафедри українознавства та міжкультурної комунікації, к.філол.н.;

Тетяна КОНІВЦЬКА, доцент кафедри українознавства та міжкультурної комунікації, к.пед.н., доцент;

Катерина КОРОЛЬ, викладач кафедри екологічної безпеки, доктор філософії (PhD);

Володимир-Петро ПАРХОМЕНКО, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, к.т.н., доцент;

Назарій БУРАК, начальник кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, к.т.н., доцент;

Руслана СОДОМА, доцент кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту, к.е.н., доцент;

Олег КОВАЛЬЧУК, викладач кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту, доктор філософії (PhD);

Назар ШТАНГРЕТ, доцент кафедри безпілотних систем та робототехніки, к.т.н.;

Роман ЯРЕМКО, доцент кафедри практичної психології та педагогіки, к.психол.н., доцент;

Василь МАТУХНО, заступник начальника кафедри протимінної діяльності, к.т.н.

**ОРГАНІЗАТОР
ТА ВИДАВЕЦЬ**

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності

**Технічний редактор,
комп'ютерна верстка**

Климус М.В.

Друк на різнографі

Петролюк Н.І.

Відповідальний за друк

Петролюк Н.І.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35,
м. Львів, 79007

Контактні телефони:

(032) 233-24-79,
тел/факс 233-00-88

Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності:

Зб. наук. праць XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУ БЖД, 2025. – 670 с.

Збірник сформовано за науковими матеріалами XX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів **«Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності»**.

Збірник містить матеріали таких тематичних секцій:

- Цивільна безпека та протимінна діяльність.
- Пожежна та техногенна безпека.
- Менеджмент та організаційно-правові аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності.
- Організація проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.
- БПЛА, робототехніка та інформаційні технології у безпеці життєдіяльності.
- Соціальні, психолого-педагогічні аспекти та гуманітарні засади безпеки життєдіяльності.
- Промислова безпека та охорона праці.
- Природничі, біологічні та екологічні аспекти безпеки життєдіяльності.

© ЛДУ БЖД, 2025

Здано в набір 01.04.2025. Підписано до друку
28.04.2025. Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 41,87.

Гарнітура Times New Roman.
Друк на різнографі. Наклад: 100 прим.
Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.
ldubzh.lviv@dsns.gov.ua

За точність наведених фактів, економіко-статистичних та інших даних, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів. При передруковуванні матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

УДК 614.841

АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ВМІСТОМ ВОДНЮ

Романів Лілія

Ференц Н.О., кандидат технічних наук, доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Приведено аналіз вибухопожежонебезпеки технологічних систем з вмістом водню. Розраховано розміри зон, які обмежені нижньою концентраційною межею поширення полум'я, що знаходиться в технологічних системах з вмістом водню. Передбачено ряд заходів для запобігання вибухом і аваріям.

Ключові слова: водень, вибухопожежонебезпека, тиск вибуху, аварія.

FIRE SAFETY ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS CONTAINING HYDROGEN

Romaniv Liliia

Ferents N.O., Ph.D. tech. Science, Associate Professor

Lviv State University of Life Safety

An analysis of the explosion and fire hazard of technological systems containing hydrogen is presented. The sizes of the zones limited by the lower concentration limit of flame propagation in technological systems containing hydrogen are calculated. A number of measures are provided to prevent explosions and accidents.

Key words: hydrogen, explosion and fire hazard, explosion pressure, accident.

Водень використовують як паливо для транспортних засобів, для енергетичних потреб будівель (прилади для безперервного живлення), як живлення для побутової техніки, в металургії, в хімічній промисловості, при виробництві азотних мінеральних добрив, твердих жирів, для охолодження турбін на об'єктах енергетики. Водню в чистому вигляді у природі майже немає, тож його виробляють методами електролізу води, парового риформінгу метану, газифікації вугілля, газифікації біомаси чи відходів тощо.

Відомі аварії, які спричинені витоком водню. На Рівненській атомній електростанції 26 жовтня 2021 року сталася аварія. Воднева труба, діаметром 50 мм, раптово розгерметизувалася – і водень, що витік, спалахнув [1].

Метою роботи є аналіз пожежної безпеки технологічних систем з вмістом водню.

Основна небезпека при виробництві та використанні водню полягає в можливості утворення вибухонебезпечної суміші водню з киснем чи з повітрям в апаратах і трубопроводах.

Межі вибуховості водневоповітряної суміші можуть змінюватися залежно від температури, тиску, вологості газової суміші, характеру джерела займання, форми і матеріалу посудини та інших чинників. Для виникнення займання і вибуху газової суміші необхідно не лише певна концентрація водню в повітрі чи кисні, але і відповідний імпульс.

Для оцінки вибухопожежонебезпеки водню у роботі використовувався метод розрахунку зон, обмежених нижньою концентраційною межею поширення полум'я, при аварійному надходженні горючих газів у відкритий простір при нерухомому повітряному середовищі. Відстані $X_{НКПР}$, $Y_{НКПР}$ і $Z_{НКПР}$, м, для горючих газів, які обмежують область концентрацій, що перевищує НКМПП, розраховують за формулами [2]:

$$X_{НКМПП} = Y_{НКМПП} = 14,6 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{НКМПП}} \right)^{0,33}, \quad Z_{НКМПП} = 0,33 \cdot \left(\frac{m_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot C_{НКМПП}} \right)^{0,33},$$

де: m_{Γ} – маса водню, який надійшов у відкритий простір при аварійній ситуації, кг; ρ_{Γ} – густина водню при розрахунковій температурі і атмосферному тиску, кг/м³; $C_{НКМПП}$ – нижня концентраційна межа поширення полум'я, % (об). У таблиці 1 приведено розміри зон, які обмежені нижньою концентраційною межею поширення полум'я, що знаходиться в технологічних системах з вмістом водню.

Таблиця 1

Розміри зон, які обмежені нижньою концентраційною межею поширення полум'я, що знаходиться в технологічних системах з вмістом водню

Найменування обладнання	Маса газів, які надійшли у відкритий простір при аварії, кг	Відстань, яка обмежує область концентрацій, яка перевищує НКМПП		
		$X_{НКПР}$	$Y_{НКПР}$	$Z_{НКПР}$
Ресивер водню	15,05	53,66	53,66	1,21
Трубопровід водню	1,41	24,05	24,05	0,54

Як показано, витoki водню зумовлюють утворення значних за розмірами зон, де концентрація перевищує нижню межу поширення полум'я. Через те в технологічних системах з вмістом водню, передбачено ряд заходів

для запобігання вибухом і аваріям. Зокрема, газощільність системи централізованої подачі водню має підтримуватися в технічному стані, що забезпечує рівень допустимого добового витоку газу не більше 1 % від загального об'єму цієї системи. Допустимий рівень умісту водню в газовій суміші 2 %.

На турбогенераторі має проводитися регулярний відбір проб газової суміші із струмопроводів, картерів підшипників, мастилобаків для контролю за утворенням вибухонебезпечних сумішей. При несправності автоматичних газоаналізаторів відсутність водню слід перевіряти за допомогою переносних газоаналізаторів або індикаторів не рідше одного разу на добу із записом результатів у журнал. При ремонтах необхідно виключити попадання водню в корпус генератора шляхом виконання видимого розриву на трубопроводі подачі водню або в запірній арматурі на газовому посту. При появі водню в струмопроводах і картерах підшипників (при вмісті його в повітрі до 1 %) необхідно провести заходи з усунення витоку водню.

Забороняється проведення пожежонебезпечних робіт без наряду-допуску (з проведенням аналізу повітряного середовища) безпосередньо на корпусі агрегатів, апаратах і трубопроводах, заповнених воднем, та ближче 15 м від них.

Таким чином, основна небезпека розвитку аварій в технологічних системах з вмістом водню зумовлена його витіканням і утворенням вибухонебезпечних сумішей з повітрям, що є причиною вибухів і загорянь. Дотримання вимог безпеки до технологічних систем з вмістом водню дає можливість запобігти вибухам і пожежам.

Список літератури

1. На Рівненській АЕС сталася аварія: у ДСНС розповіли про ситуацію.<https://incident.obozrevatel.com/ukr/crime/na-rivnenskij-aes-stalasya-avariya-u-dsns-rozpovili-pro-situatsiyu.htm> (дата звернення: 19.03.2025).
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).

References

1. An accident occurred at the Rivne NPP: the SES reported on the situation.
<https://incident.obozrevatel.com/ukr/crime/na-rivnenskij-aes-stalasya-avariya-u-dsns-rozpovili-pro-situatsiyu.htm> (date of application: 19.03.2025).
2. DSTU B V.1.1-36:2016. Determination of categories of premises, buildings and external installations according to explosion and fire hazard.[Acting from 2017-01-01]. Kyiv, 2016. 31 p. (Information and documentation).